MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ GENEL AMAÇLI BİR STİMÜLATÖR CİHAZI TASARIMI VE UYGULAMASI

SABRİ KOÇER

76237

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

76237

AĞUSTOS 1998
ANKARA

Sabri KOÇER tarafından hazırlanan MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ GENEL AMAÇLI BİR STİMÜLATÖR CİHAZI TASARIMI VE UYGULAMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İnan GÜLER
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektronik Bilgisayar Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd Doç. Dr. H. Haldun GÖKTAŞ

Üye : Doç. Dr. İnan GÜLER

Üye : Yrd. Doç Dr. Ö. Faruk BAY

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
1. GİRİŞ 1
2. SİNİR FİZYOLOJİSİ 5
2.1 Hücre ve Hücre Zarı 5
2.2 Aksiyon Potansiyelinin Oluşumu ve Algılanması 6
2.2.1 Aksiyon potansiyeli 6
2.2.2 Aksiyon potansiyelin oluşumu 8
2.2.3 Skid giant sinir aksonu 10
2.2.4 Hücrenin elektriksel eşdeğer modeli 11
2.3 Sinir Liflerinin Karakteristik Özellikleri 12
2.3.1 Sinir liflerinin sınıflandırılması 13
2.4 Uyarım Fizyolojisi 14
2.4.1 Hacim iletkenlerinde elektrik alanı 16
2.5 Elektrodiyagnostik ve Elektroterapi Cihazları 16
2.5.1 Elektrodiyagnostik 16
2.5.2 Elektroterapi 17
2.5.3 Stimülatör ve çeşitleri 18
2.5.3.1 Kullanım amaçlarına göre stimülatörler 18
2.5.3.2 Kullanılan elektronik devre tekniğine göre stimülatörler 19
2.5.4 Stimülatöre ait genel blok diyagram 20

2.6 Kullanım Amaçlarına Göre Stimülatörlerin Özellikleri 22
2.7 Stimülatörlerde Kullanılan Elektrod Tipleri 23
3. STİMÜLATÖR DONANIMI 26
3.1 Sistemin Genel Yapısı 26
3.2 8051 Mikrodenetleyici 28
3.2.1 Mikroişlemci ile mikrodenetleyici'nin birbiriyle karşılaştırılması 28
3.2.2 8051 Mikrodenetleyici sistemi 28
3.2.3 8051 Mikrodenetleyicinin blok diyagramı ve ayak bağlantısı 29
3.2.4 8051 Mikrodenetleyicinin bellek haritası 31
3.2.5 8051'in port yapısı 32
3.2.5.1 Port 1'in yapısı 32
3.2.5.2 Port 2'nin yapısı 34
3.2.5.3 Port 3'ün yapısı 34
3.2.5.4 Port 0'ın yapısı 35
3.2.6 8051 Mikrodenetleyici zamanlayıcı yapısı 36
3.2.7 Zamanlayıcıların kontrol kaydedicileri 37
3.2.8 8051 Mikrodenetleyici kesme sistemi (interrupt) 37
3.3 Keypad Sürücü Devresi 38
3.4 LCD Sürücü Devre 41
3.5 Dijital Güç Kaynağı 44
3.6 Anahtarlamalı Güç Kaynağı 46
4. SİSTEMİN YAZILIMI 49
5. SONUÇ VE ÖNERILER 59
KAYNAKLAR 64
EKLER 66
ÖZGEÇMİŞ 105

MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ GENEL AMAÇLI BİR STİMÜLATÖR CİHAZI TASARIMI VE UYGULAMASI

Yüksek Lisans Tezi

Sabri KOÇER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
AĞUSTOS 1998

ÖZET

Stimülatörler ayarlanabilir genlik, frekans ve darbe sürelerine bağlı olarak gerilim üreten sistemlerdir. Elektrofizyolojide ve nörolojide dokuları uyarmak için bu tür araçlar kullanılır. Ayrıca teşhis ve tedaviye yönelik birçok amaçla, insan vücuduna elektrik akımı uygulanabilmektedir. Bu çalışmada Mikrodenetleyici tabanlı bir Stimülatör cihazı tasarlanmış ve çalıştırılmıştır.

Tasarlanan stimülatörde gerekli olan frekans, genlik ve darbe süresi kullanıcının isteğine bağlı olarak seçilebilmektedir. Bununla ilgili yazılım programı ise yine bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir.

Bilim Kodu : 225.10.01
Anahtar Kelimeler : Stimülatör, elektriksel uyarım, sinir uyarımı
Sayfa Adedi : 105
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. İnan GÜLER

A GENERAL PURPOSE MICROCONTROLLER CONTROLLED STIMULATOR DEVICE DESIGN AND APPLICATION

(M. Sc. Thesis)

Sabri KOÇER

GAZI UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

August 1998

ABSTRACT

Stimulators are system that produce voltage depend upon adjustable amplitude frequency and pulse duration. This kind of devices are used for stimulating the tissues in electrophysiology and neurology. In addition, the electric current can be used to human body for therapy and diagnosis purposes. In this study, a microcontroller based stimulator device is designed, constructed and tested.

The required frequency, amplitude and pulse duration can be selected according to the user demand at the designed stimulator. The related software is also developed for this study.

Science code : 225.10.01

Key words : Stimülatör, elektriksel uyarım, sinir uyarımı

Page number : 105

Adviser : Doç. Dr. İnan GÜLER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve fikirlerinden faydalandığım, danışmanım, çok değerli hocam Doç. Dr. İnan GÜLER'e ve büyük yardımları dokunan Doç. Dr. Nihal Fatma GÜLER'e, Öğr. Gör. Rahmi CANAL'a ve Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümündeki çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

ÇİZELGE **SAYFA**

Çizlege 2.1 Sinir liflerinin özellikleri.....13
Çizelge 3.1 8051 Mikrodenetleyici ayaklarının görevleri 29
Çizelge 3.2 Sayıcı çıkışları.....39
Çizelge 3.3 Digitler seçilirken kullanılan LCD adresleri.....44
Çizelge 4.1 Kullanıcı tarafından değiştirilen parametre aralıkları.....59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

ŞEKİL **SAYFA**

Şekil 2.1 Hücrenin genel yapısı.....5
Şekil 2.2 Aktif taşımada kullanılan Na^+- K^+ pompası.....6
Şekil 2.3 Genelleştirilmiş algılama ve motor sinirinin şekli.....7
Şekil 2.4 Aksiyon potansiyel oluşumu ve iletişimi..... 9
Şekil 2.5: Hücre zarının elektriksel eşdeğer devresi.....12
Şekil 2.6 Miyelinli lifin elektriksel uyarılması.....15
Şekil 2.7 Stimülatöre ait genel blok diyagram.....20
Şekil 2.8 Stimülatöre ait genel dalga formları.....21
Şekil 2.9 Elektrodun eşdeğer devresi.....24
Şekil 3.1 Devrenin blok diyagramı.....26
Şekil 3.2 8051'in Mimari yapısı.....30
Şekil 3.3 8051 RAM belleğine ait blok diyagram.....31
Şekil 3.4 8051 Port'larının tutucuları ve giriş/çıkış tamponları.....33
Şekil 3.5 8051 Mikrodenetleyici zamanlayıcı yapısı.....36
Şekil 3.6 Tuş takımı sürücü devresi.....38
Şekil 3.7. 74C922 entegresine ait blok diyagram.....40
Şekil 3.8 LCD sürücü devresi.....42
Şekil 3.9 Display'ın blok diyagramı.....43
Şekil 3.10 7211'e ait zamanlama diyagramı.....43
Şekil 3.11 Dijital güç kaynağına ait blok diyagram.....44
Şekil 3.12 Dijital güç kaynağının devre şeması.....45
Şekil 3.13 Anahtarlamalı bir güç kaynağının blok diyagramı.....47
Şekil 3.14 Gerilim yükseltici anahtarlamalı güç kaynağı.....48
Şekil 4.1 Program içerisinde kullanılan ana program başlıkları.....54
Şekil 4.2 Klavye alt programı 55

Şekil 4.3 Display alt programı 56
Şekil 4.4 Hesaplama alt programı 57
Şekil 4.5 Zamanlama alt programı.....58
Şekil 5.1 a- Monofazik dalga formu b- Bifazik dalga formu.....59
Şekil 5.2 Mikrodenetleyici çıkışındaki dalga formu.....60
Şekil 5.3 DC/DC konvertör çıkışındaki DC sinyal 61
Şekil 5.4 Devrenin çıkışında istenilen değerlere sahip dalga formu.....62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
g_{NA}	Sodyum sızıntı iyonlarının iletkenlikleri
g_K	Potasyum sızıntı iyonlarının iletkenlikleri
g_{Cl}	Klor sızıntı iyonlarının iletkenlikleri
g_L	Belirsiz sızıntı iyonlarının iletkenlikleri
E_{NA}	Sodyum denge potansiyeli
E_K	Potasyum denge potansiyeli
E_{cl}	Klor denge potansiyeli
V_1	Hücre içi potansiyel
V_2	Hücre dışı potansiyel
C_1	Hücre içi konsantrasyon
C_2	Hücre dışı konsantrasyon
P_{NA}	Sodyum zar geçirgenliği
P_K	Potasyum zar geçirgenliği
P_{Cl}	Klor zar geçirgenliği

Kısaltmalar

RAM	Rasgele erişimli hafıza
ROM	Sadece okuyan hafıza
EPROM	Programlanabilen, silinebilen sadece okuyan hafıza
EEPROM	Elektriksel programlanabilen, silinebilen sadece okuyan hafıza
LCD	Likit kristal gösterge
FET	Alan etkili transistör

1. GİRİŞ

Çok eski tarihlerden beri elektrik uyartımla kas ve sinirlerin etkilendiği bilinmektedir. Bilim adamları elektrik akımının biyolojik ortamlardaki etkilerini akımın ve akım yoğunluğuna bağlı olarak sinirsel iletimdeki değişmeyle ilişkili olduğunu görmüşlerdir. Günümüzde, insan vücudunu uyartım amaçlı elektronik sistemlerle, çok farklı türlerden elektriksel gerilimler üretilebilmektedir. İşte bu şekilde ayarlanabilen genlik, frekans ve darbe sürelerine sahip darbe dizisi üreten sistemlere stimülatör adı verilmiştir. Bu çalışmada mikrodenetleyici tabanlı programlanabilen bir stimülatör cihazı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen stimülatör cihazının frekans aralığı 10 - 300 Hz, darbe genişliği frekansın %1'i ile %99'u arasında ve çıkış gerilimi ise 1-120 V arasındadır.

Kas ve sinirlerin uyarımında kullanılan stimülatörler piyasada kolaylıkla bulunabilmektedir. 1940'lardan önce araştırmalar kendi elektronik stimülatörlerini üretiyorlardı veya indüksiyon bobini kullanıyorlardı. 1940'lardan sonra ise daha modern olanları yapılmaya başlandı. 1700'lerin sonlarına doğru Galvani isimli bir araştırmacı, stimülasyon yapmaya müsait kas ve sinirlere sahip kurbağaları bilimsel araştırma konusu yapmıştır. Galvani bu kas ve sinir preparatlarını incelemiştir. Galvaninin yeğeni Aldini ise direkt akım stimülasyonunun kullanımı hakkında inceleme ve araştırmalarda bulunmuştur. Aldini İngiltere'de yaptığı bir gösteride başı kesilmiş bir kurbağanın kafasındaki kasları elektrik akımı kullanarak oynatmayı başarmıştır. Böylece elektrik kullanılarak yaşamın yeniden oluşturabileceği inancı yaygınlaşmıştır. Uyarılabilen tüm doku çeşitleri üzerinde yapılan çalışmalar artmaya başlamıştır. Bununla birlikte biyoelektrik kaydediciler 1800'lerin sonlarına kadar yoktu. 1920'lerin sonlarına doğru katod ışınlı osilaskoplar ortaya çıkmıştır. Bernstein adlı bilim adamı ise galvanometre

kullanarak hem iskelet ve kalp kaslarının hem de sinirlerin hareket potansiyellerini içeren grafikler elde edilmiştir. İlk stimülatörler yalnızca bir kapasitörden ibaretti. Daha sonraları akımı kontrol eden bir anahtara bağlı elektrokimyasal piller kullanılmaya başlandı. 1832 yılında Faraday tarafından manyetik indüksiyon keşfedildi ve stimülatörlerin kontrolü daha da kolaylaştı.

İlk elektrik stimülatörleri statik elektrikle çalışan makinelerdi ve kolaylıkla bulunabiliyorlardı. Bunlardan en başarılı olanlarından biri dönen disk tipi idi. Galvani tarafından keşfedilen bu makineler biyoelektrik çalışmalara öncülülük etmiştir. Leyden Jar denilen makine (statik elektrik makinesi ile kapasitör karışımı) ise stimülasyon keşfinde büyük rol oynamıştır. Leyden Jar denilen makinede üretilen elektrik yükü depo edebilecek özelliktedir. Leyden Jar aslında içine elektrod daldırılmış su dolu bir kavanozdur. Van Musschenbroek ve Van Kleist 1743 yılında ortak olarak bu makineyi yapmışlardır. Daha sonraki modellerinde ise her iki tarafı ince kalayla kaplanmış cam kavanoz kullanılmıştır. Bu modelleri Wheatson tarafından 1843 yılında kullanılmıştır. Leyden Jar sonraları gösteri amacıyla kullanılmak üzere saklanmıştır. Heil'e göre Leyden Jar, diğer dallara nazaran tıptaki kullanımıyla daha çok adından söz ettirmiştir.

İlk galvanik stimülatör farklı metallerden oluşmuş ve elektrolitik içerisinde ıslanmış halde bulunan kalın bir kağıdın arasına yerleştirilmiş farklı metallerden oluşmuştur. Bu ilk pildi ve doğru akım çalışmalarında büyük bir yeri vardır. Bernard 1858 yılında fizyolojistler için bir galvanik stimülatör geliştirmiştir. Bu stimülatör iki ayrı metalden yapılmış (Çinko ve Bakır) elektrodlardan oluşmuştur. Bu elektrodlar birbirleriyle uç noktalarından birleştirilmiştir. Birçok fizikçi ve kimyager Voltanın piliyle eşdeğer elektrokimyasal pilleri geliştirmişlerdir. Ama hepsinin amacı uzun süreli durağan akım elde etmektir.

Pil ve pil grubu, uyarılabilen hazır dokulara takılmış elektrodlara bağlandığı sürece bir akımın akması sağlanmış olur. Bununla birlikte stimülasyon olayı akımın ilk aktığı anda görülür. Basit el kontrollü anahtarla akımın akış süresi uzun olacağından yeterli süreli bir akım darbenin üretilmesine gerek duyulacaktır. Bois Reymond kasların uzun süreli kasılmalarını sağlamak için dizi halinde uyarıma gerek duyulduğunu tespit etmiştir. 1850 yılında Hemhotz kontrol edilebilen tek akım darbesinin üretilmesinin hususunda karşılaşılan problemleri Pouletin'in işine yarayacak şekilde çözmüştür. Tipik bir sarkaç olan Rheotome ucunda çelik ağırlık olan menteşelenmiş bir çubuktan oluşmuştur. Sarkacın bırakılıp salınım yapmasıyla kısa devre halinde bulunan ilk kontaklar açılır, sonra hemen yanında bulunan ve açık devre halinde olan kontakları kapar. İlk kontaklar uyarıcı elektrodlar üzerinde kısa devre oluşmasına neden olur ve böylece akımın akması engellenmiş olur. Eğer bu kontaklar açılırsa, akım elektrodlardan dolayısıyla uyarılmaya hazır doku üzerinden akar. İkinci kontaklar direk akım kaynağına seri olarak bağlıdır ve bu kontaklar açıldığında akım kesilir. Bu mikrometre birinci ve ikinci kontakların arasındaki uzaklığa göre ayarlanır.

İndüksiyon bobin stimülatörü uyartım şiddetinin kontrolünde kolaylık sağladığından daha çok kullanılmaktadır. İndüksiyon bobin stimülatörlerinin kullanımıyla dikkate değer keşifler ortaya atılmıştır. Vagus sinirlerinin stimülasyonuna karşılık kalbin durdurulmasıyla yapılan sinir uyarımlarının kanıtlanması buna örnek olarak gösterilebilir. Küçük kan damarlarının çapı sinir hareketlerine bağlı olarak değişir. Bu ise sempatik sinirlere indüksiyon bobin şoku uygulanması şeklinde açıklanabilir. İndüksiyon bobin stimülatörünün uygulanabilmesi Faraday'ın 1831 de manyetik indüksiyon kanunlarını bulması ile mümkün hale gelmiştir. Faraday primer bobinindeki akım değişikliğinin, sekonder bobininde voltaj indüklemesine neden olduğunu göstermiştir. Du Bois Reymond ise elektromanyetik akım kesiciyi primer

bobinine uygulayarak uyarımın başlaması ve kesilmesini sağlamıştır. Elektromanyetik indüksiyon bobin stimülatörünün çıkışı sekonder bobinden alınır ve uyartım şiddetini kontrol için primer bobin üzerinde sürgü bulunmaktadır. Kısa zamanlı uyarım sağlayabilmek için indüksiyon bobini üzerinde iki ayrı metodla ayarlama yapılır. 1. metod da batarya, anahtar ve indüksiyon bobinin primeri ile seri bağlıdır. 2. metod da ise elektromanyetik akım kesici, batarya ve primer bobini ile seri bağlıdır.

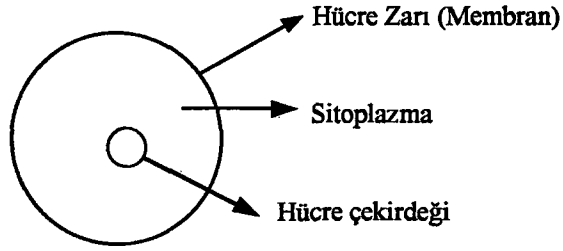
2. Dünya savaşından hemen önce vakum tüp stimülatörleri ortaya çıkmıştır. Rahm isimli kapasitör deşarjlı (thyratron) stimülatör Penfield tarafından insan beyninin cortex haritasını çıkarmak için kullanılmıştır. Ön panelde bulunan dairesel gösterge uyartım şiddetini göstermez. Frekans kademesi 1-100/sn dir. Kapasitör deşarj darbe süresinin kademesi ise dar tutulmuştur [1].

2. SİNİR FİZYOLOJİSİ

2.1 Hücre ve Hücre Zarı

Bir canlı organizmanın temel ve en basit birimi hücredir. Tek bir hücre tüm canlılık işlevlerini yürütebilir. Hücre zarının işlevi hücre bütünlüğünün korunmasıdır. Hücre zarları, iç ortam özelliklerinin sabit kalmasını ve dış ortamdan etkilenmemesini sağlar. Hücrenin çevresi ile seçimli madde alış verişi yapması, gereksinimi duyulan maddelerin kolaylıkla içeriye alınması, reaksiyonlar sonucu dışarıya atılması hücre zarları aracılığıyla gerçekleşir. Biyoelektrik olaylar da hücre zarlarının bir işlevidir. Madde ve enerji taşınımları, gerek hücre içi ve dışı sıvılarda gerekse hücre zarlarında tanecik hareketleri içerir. Hücre düzeyinde en önemli taşınım konsantrasyon gradyentlerinden kaynaklanır ve difüzyon olarak adlandırılır [1].

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi hücre, nucleus olarak isimlendirilen bir çekirdek, sitoplazma denilen bir hücre gövdesi ve sitoplazmayı çevreleyen bir hücre zarından oluşur.

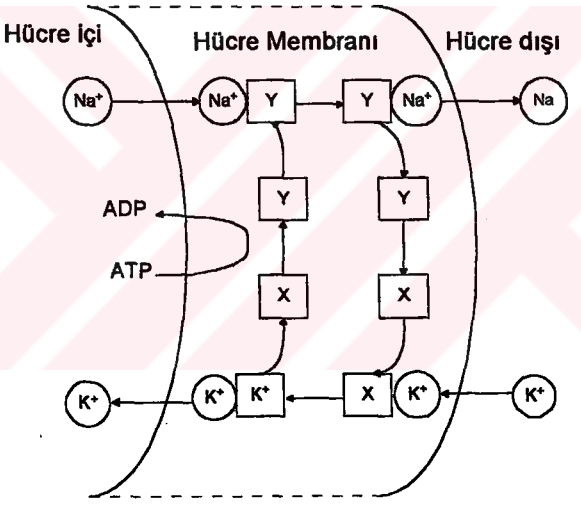


Şekil 1.1 Hücrenin genel yapısı

Hücrelerde oluşan elektriksel işaretler, hücrenin uyarılabilme özelliği nedeniyle oluşur. Hücrenin uyarılabilme özelliği belli bir tip hücreden başka bir tip hücreye değişir. Sinir ve kas hücreleri en büyük uyarılabilme özelliğine haizdirler. Bu tip hücrelerin zarları bir eşik seviyesinin üzerinde uyarılacak olursa bu uyarma bütün hücreye yayılır. Uyarma şekli elektriksel,

kimyasal, optik, termal veya mekanik olabilir. Vücudumuzdaki hücrelerin zarlarının büyük bir çoğunluğunda membran potansiyeli oluşur. Sinir ve kas hücreleri membranları boyunca darbe şeklinde değişen elektrokimyasal değişimleri iletebilmektedir.

Hücrelerdeki en önemli taşıma sistemlerinden birisi sodyum ve potasyum iyonlarının hücre membranı yoluyla taşınmasıdır. Sodyum hücre dışında içerdekinden 10 kat fazladır. Potasyum ise hücre içinde, dıştakinden 30-35 kat daha fazladır. Derişim farkı nedeniyle Na^+ içeri girmeye, K^+ dışarı çıkmaya çalışacaktır. Fakat bu durum sınırlandırılmıştır. Aktif taşımada kullanılan Na^+- K^+ pompası Şekil 2.2 de görülmektedir [3].



Şekil 2.2 Aktif taşımada kullanılan Na^+- K^+ pompası

2.2 Aksiyon Potansiyelinin Oluşumu ve Algılanması

2.2.1 Aksiyon potansiyeli

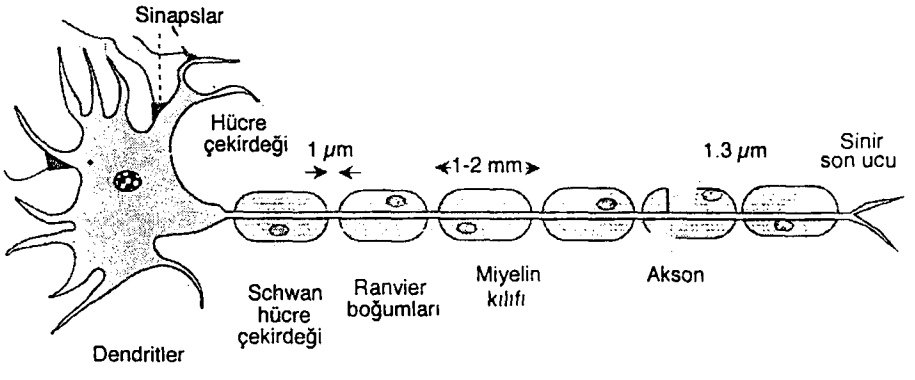
Her hücre için dinlenim zar potansiyelinin karakteristik bir değeri vardır. Sinir ve kas hücreleri uygun bir uyaranla uyarıldıklarında zar potansiyelinde geçici bir değişme olur. Bir kritik değeri aşarsa, zar boyunca yayılabilen bu

potansiyel değişiklikleri aracılığı ile bu organlar arasında hızlı bir informasyon iletimi sağlanmaktadır.

Canlıların iç ve dış ortamlarındaki her tür değişiklik özelleşmiş reseptör hücrelerinde elektriksel sinyallerine dönüştürülerek sinirler yoluyla beyne iletilir, burada algılanır, yorumlanır ve saklanır. Beyinden kas, bez gibi uygulayıcı (effektör) organlara gönderilen emirler de sinir hücrelerinde potansiyel değişiklikleri şeklinde iletilir. Sinir sistemini, sinir hücresi veya nöron adı verilen hücrelerle (glial) hücreler oluşturur. İnfomasyon iletiminde bunlardan yalnızca nöronlar rol alır.

Şekil 2.3 de görüldüğü gibi bir nöron,

a) hücre çekirdeğini (nucleus) içeren bir gövde,
b) dentrit adı verilen çok sayıdaki uzantılar,
c) sinir lifi veya akson olarak adlandırılan uzun,
d) silindirik bir uzantıdan oluşur.



Şekil 2.3 Genelleştirilmiş algılama ve motor sinirinin şekli

İki nöron arasında enformasyon alış verişinin sağlandığı dokunma bölgesine sinaps adı verilir. Bir nöronun, dendritleri veya gövdesindeki sinaptik bağlantıları ile diğer nöronlardan aldığı enformasyon, aksonu boyunca

potansiyel değişiklikleri şeklinde sinir uçlarına kadar iletilir. Sinir son uçlarında da yine sinaptik yolla diğer hücrelere aktarılabilir. Yüksek organizmalarda sinir sistemi, merkezi sinir sistemi (MSS) ve çevresel sinir sistemi olmak üzere iki kısma ayrılır. Merkezi sinir sistemi 1000 kadar farklı türden, 10^{12} dolayında sinir hücresinin karmaşık bağlantılarını içerir. Çevresel sinir sistemi ise duyusal (veya affrent) ve motor (veya efferent) sinirler ile otonom sinir sistemi gangliyonlarından oluşur.

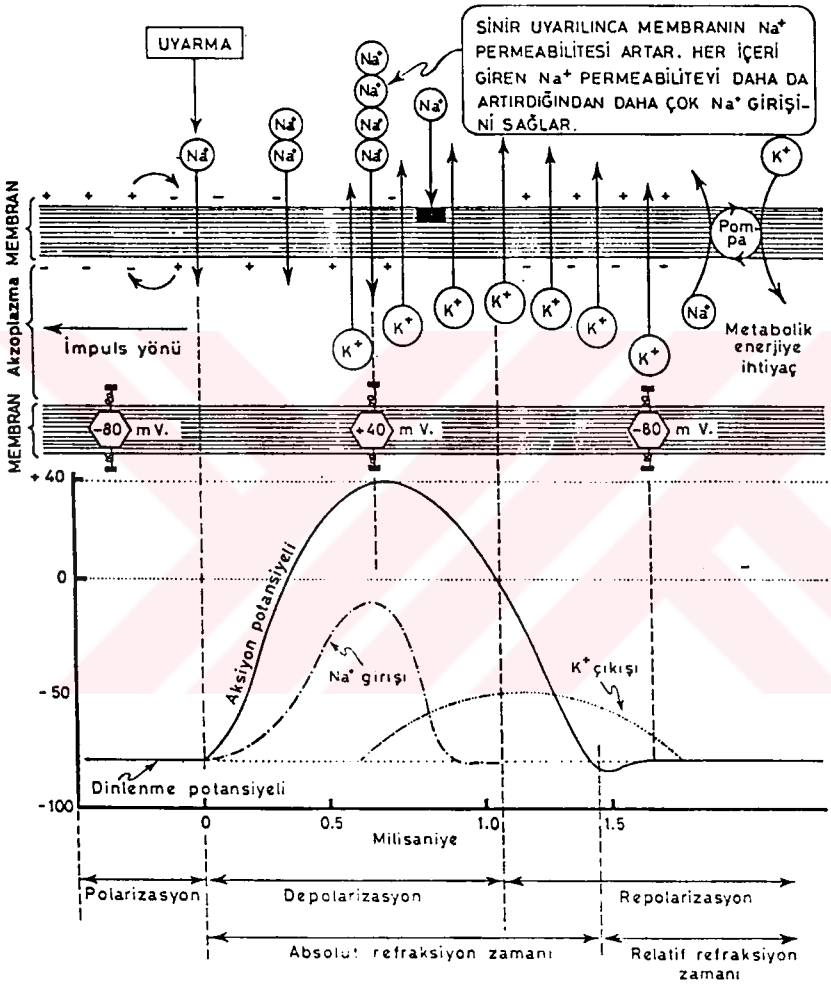
Sinir ve kas hücre zarlarının dinlenim durumu, dış tarafı pozitif, iç tarafı negatif yüklü, ortasında lipit çift tabakasından kaynaklanan iyi bir yalıtkan bulunan, kutuplanmış bir kondansatörü andırır. Uygun bir uyaran etkisinde bu kondansatör boşalabilir. Hatta çok kısa bir süre için ters kutuplanabilir. Zarın belirli bir bölgesinde 1 ms kadar süren potansiyel değişikliği zar boyunca yayılmasına devam eder. Lif boyunca iletim informasyonunun temel nedeni bu potansiyel değişikliğine *aksiyon potansiyeli* denir. Bu potansiyel değişiklikleri elektriksel ölçü ve gözlem araçları ile gözlenebilir, kaydedilir.

Uyarılabilir hücreler ısısal, kimyasal, mekanik ve elektriksel gibi etkilerle uyarılabilir. Laboratuarlarda yapay uyaranlardan elektriksel uyaranlar tercih edilir. Özel elektronik devrelerle elde edilen bu elektriksel uyaranları uygulama süresi, şiddeti, frekansı bakımından kolaylıkla ayarlamak, değiştirmek, dokuya zarar vermeden deneyleri istenildiği kadar yinelemek olanaklıdır [2].

2.2.2 Aksiyon potansiyelin oluşumu

Dinlenim durumunda membran potansiyel farkı -70, -90 mV arasındadır. (Şekil 2.4) Dışarıdan enerji uygulandığında membranın Na^+ iyonlarına olan geçirgenliği azalacaktır ve Na^+ iyonları hücre içine akmaya başlar. Na^+ iyonlarını hücre içine akışı bir iyon akımı doğurur ve membranın Na^+ iyonlarına karşı gösterdiği direnç daha da azalacaktır. Na^+ iyonları hücre içine

akarken K^+ iyonları da dışarı çıkacaktır. Fakat onların hareketi Na^+ iyonlarına göre oldukça yavaştır. Sonuç olarak hücre içi, dışına göre biraz pozitif olur. Bu değer +20 ile 50 mV arasında değişir. Bu olaya *depolarizasyon* adı verilir.



Şekil 2.4 Aksiyon potansiyel oluşumu ve iletişimi

İçeride Na^+ konsantrasyonu belirli bir düzeye ulaşınca Na^+ girişi durdurulur. Bu arada K^+ dışarı çıkmaya başlamıştır ve içeri giren Na^+ kadar K^+ dışarı çıkar. Böylece potansiyel yeniden dinlenme durumundaki potansiyel düzeye gelmiştir. Ama iyonların yerleri normal değildir. Çünkü normalin tersine

şimdi Na^+ içeride K^+ dışarıdadır. İyonların eski yerlerine dönmelerini Na^+-K^+ pompa sistemi sağlar. (Şekil 2.2) Bu iş için metabolik enerjiye ihtiyaç vardır. Buraya kadar ki olan işleme ise *repolarizasyon* adı verilir.

Dinlenimden daha negatif potansiyellere gidiş ise *hiperpolarizasyon* olarak adlandırılır. Aksiyon potansiyelinin devam süresi, sinirlerde 1 ms, kaslarda 4 ms ve kalp kaslarında 200 ms kadardır. Ayrıca mutlak (absolute) reaksiyon zamanında dışarıdan gelen herhangi bir uyarıya cevap veremez [4].

KCl konsantrasyonu gradiyenti tarafından üretilen potansiyeli, difüzyon akışının ifadesini, saptanmış olan elektriksel akış ifadesiyle eşitleyerek kolayca çıkarabiliriz. Elektrik akışı basitçe elektriksel alana cevap veren iyonik bir akım olarak düşünülebilir. Bu durumda ;

$$V_1 - V_2 = (-58mV)\log\frac{C_1}{C_2} \quad \text{.....(1)}$$

Bu eşitlik Nernst Denklemi olarak adlandırılır ve zar biyofiziği ile elektrokimyanın köşetaşı niteliğindedir. Aşağıdaki denklem ise Goldman denge denklemi adını almaktadır [5].

$$V_1 - V_2 = -58\log\frac{P_{Na}[Na]_1 + P_K[K]_1 + P_{Cl}[Cl]_2}{P_{Na}[Na]_2 + P_K[K]_2 + P_{Cl}[Cl]_1} \quad \text{.....(2)}$$

2.2.3 Skid Giant Sinir Aksonu

Dış dünyadan bir canlı organizmaya çarparak algılanan bilgiler (görme, dokunma, koklama,işitme), fiziksel sinyallerin elektriksel sinyallere çevrildiği organizma yüzeyinin üzeri veya yakınına yerleştirilmiş özellikli sinirler tarafından algılanır. Bu algılama sinirleri genellikle organizmanın beyninden belli bir mesafe uzaklıkta yerleştirildiğinden algılanan bilginin beyne iletilebilmesi için bir geçit yoluna sahip olmalıdır.

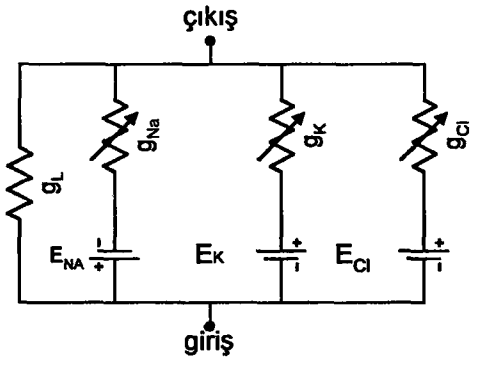
Bu bilgiye göre organizma bazı davranışları gerçekleştirmek için bir seçim yapmak zorundadır. Bu ise sinir motorları yoluyla beyinden uzak harekete geçiriciler yani kaslara kontrol sinyalleri yollamayı gerektirir. Bilgiyi beyne yollamaya veya beyinden duyu organlarına yollamaya yarayan bu yollar sinir lifleri olarak adlandırılır. Her sinir fiberi birçok tek sinir aksonundan yapılmıştır.

Sinir aksonları sinir sisteminin telleridir ve her biri için aksoplazma adı verilen iyonik bir solüsyonla doldurulmuş bir zardan yapılmış çok küçük, uzun tüplerin oluşturduğu bir şebeke olarak düşünülebilir.

Herhangi bir bilgisayar veya bir elektriksel sistemin içerisindeki tellerin aksine aksonlar bilgiyi sadece bir bölmeden diğer bir bölmeye geçirmekle kalmaz ayrıca bilgiyi bir dereceye kadar tamamlayabilirler. Çünkü skid belirli büyük çapta bir aksona sahiptir ve bu hücrenin biyofiziğine yaygın olarak çalışılmıştır [5].

2.2.4 Hücrenin elektriksel eşdeğer modeli

Bu potansiyellerin kaynağını bulmanın veya davranışlarını analiz etmenin bir başka yolu, skid akson zarını Şekil 2.5'de gösterildiği gibi elektriksel eşdeğeri olarak modellemektir. Burada g_{Na}, g_K, g_{Cl} ve g_L sırasıyla sodyum, potasyum, klor ve belirsiz sızıntı iyonlarının iletkenlikleri ve E_{NA}, E_K ve E_{Cl} sırasıyla sodyum, potasyum ve klor için denge potansiyelleridir. Bu eşdeğer devre akson zar potansiyelini modellemek için kullanılabilir. Bu eşdeğer devredeki pillerin değerleri bilinirse, verilen zar potansiyellerini üretmek için zar geçirgenliklerinin ne olması gerektiği tahmin edilebilir.



Şekil 2.5: Hücre zarının elektriksel eşdeğer devresi.

Sinyaller aksonda zarın özel iyon geçirgenliklerindeki modülasyonlar ile üretilmektedir. Bu yüzden, bir akson içerisindeki kinetik cevabı, içindeki bir veya daha fazla özel zar geçirgenliğini değiştirerek modellemek mümkündür. Bu tür modellemede devrede kullanılan piller genellikle sabit değerdedir [5].

2.3 Sinir Liflerinin Karakteristik Özellikleri

Yapıları veya işlevlerine göre, sinir lifleri farklı şekilde sınıflandırılabilmektedir. En önemli morfolojik parametre olan miyelin kılıfının varlığına veya yokluğuna göre sinir lifleri miyelinli ve miyelinsiz olarak ikiye ayrılabilir. Bir diğer önemli yapısal parametre ise çaptır. Sinir liflerine ait özellikler Çizelge 2.1 de özetlenmiştir.

Sinir liflerine ait iletim hızı, eşik değer, aksiyon potansiyelinin genliği, süresi vb. işlevsel parametrelere nasıl bağlı olduğu birçok deneysel ve teorik çalışmaya konu edilmiştir. Memelilere ait miyelinli liflerde iletim hızının (V) çapa (a) bağlılığı $V \approx 6.10^6.a$ şeklinde yazılabilmektedir. Bu bağıntıya göre, iletim hızı deneyle ölçülen bir lifin çapı hesaplanabilir veya histolojik olarak ölçülebilir. Çap bilgisinden iletim hızı belirlenebilir. Çevresel sinirlerde geçerli olan bu bağıntının merkezi sinir sisteminde de geçerliliği

tartışılmalıdır. Genel olarak, çap büyüdükçe iletim hızı artmakta eşik değer düşmektedir.

Çizelge 2.1 Sinir liflerinin özellikleri

	A	B	S.C	D.R.C
Lif çapı, μm	1-22	<3	0.3-1.3	0.4-1.2
İletim hızı, m/s	5-120	3-15	0.7-2.3	0.6-2.0
Sivri uç süresi, ms	0.4-0.5	1.2	2.0	2.0
Mutlak refrakter dönem, ms	0.4-1.0	1.2	2.0	2.0
Depolarize edici ard potansiyelin genliği, %	3-5	yok	3-5	yok
Depolarize edici ard potansiyelin süresi, ms	12-20	-	50-80	-
Hiperpolarize edici ard potansiyelin genliği, %	0.2	1.5-4.0	1.5	?
Hiperpolarize edici ard potansiyelin süresi, ms	40-60	100-300	300-1000	

Tek sinir liflerinde, dışarıdan iki elektrod dokundurularak gözlenen aksiyon potansiyel genliğinin ise, akson çapı ile orantılı olduğu tespit edilmektedir. Aksiyon potansiyelinin süresi ve tepeye yükselme zamanı ise akson çapı arttıkça azalmaktadır. Memelilerin miyelinsiz aksonlarında hem miyelin yokluğu hem de çaplarının küçük olması sebebiyle ile iletim hızı düşüktür. Bileşik aksiyon potansiyelinde de tek liflerde olduğu gibi, depolarize edici ve hiperpolarize edici ard potansiyeller gözlenmektedir [2].

2.3.1 Sinir liflerinin sınıflandırılması

Çeşitli sinirlere ait bileşik aksiyon potansiyellerinin sistematik olarak incelenmesi ile aksonlar, A, B, s.C ve d.r.C olmak üzere dört tipe ayrılmaktadır. Bunlardan A tipi lifler, çapları ve iletim hızları bakımından

geniş aralıklar kapsarlarsa da oldukça homojen bir grup oluştururlar. Bunlar çaplarına göre Aα (12-22μm), Aβ (8-12μm), Aγ (6-8μm), Aδ (1-4μm) şeklinde alt gruplara ayrılırlar.

Yine miyelinli olan B tipi lifler genellikle otomatik sinir sisteminde pregangliyonik aksonlardır. B tipi liflerde depolarize edici ard potansiyel bulunmaz.

Miyelinsiz olan C lifleri çok ince, iletim hızları ise düşüktür. Otonom sinir sisteminin postganliyonik sempatik lifleri s.C grubunu oluşturur. Küçük d.r.C grubu lifler ise arka kökte ve çevresel sinirlerde bulunurlar ve bazı reseptörlerden ağrı, basınç, sıcaklık bilgisini getirirler. Aksiyon potansiyeli s.C liflerinde her iki tür ard potansiyelini içerirken, d.r.C grubu liflerinde depolarize edici ard potansiyel bulunmamaktadır [2].

2.4 Uyarım Fizyolojisi

Sinir ve kas hücrelerinin zarlarının dinlenim durumu, dış tarafı pozitif, iç tarafı negatif yüklü, ortasında lipit çift tabakasından kaynaklanan iyi bir yalıtkan bulunan, kutuplanmış bir kondansatörü andırır. Uygun bir uyarıcı etkisinde bu kondansatör boşalabilir, hatta çok kısa bir süre için ters kutuplanabilir. Zarın belirli bir bölgesinde 1 ms kadar süren bu potansiyel değişikliğinden sonra bu bölge dinlenim durumuna dönerken, potansiyel değişikliği zar boyunca yayılmasına devam eder. Lif boyunca iletilen informasyonun temel birimi olan bu potansiyel değişikliğin aksiyon potansiyeli normal olarak sinaptik akımlardan elde edilir.

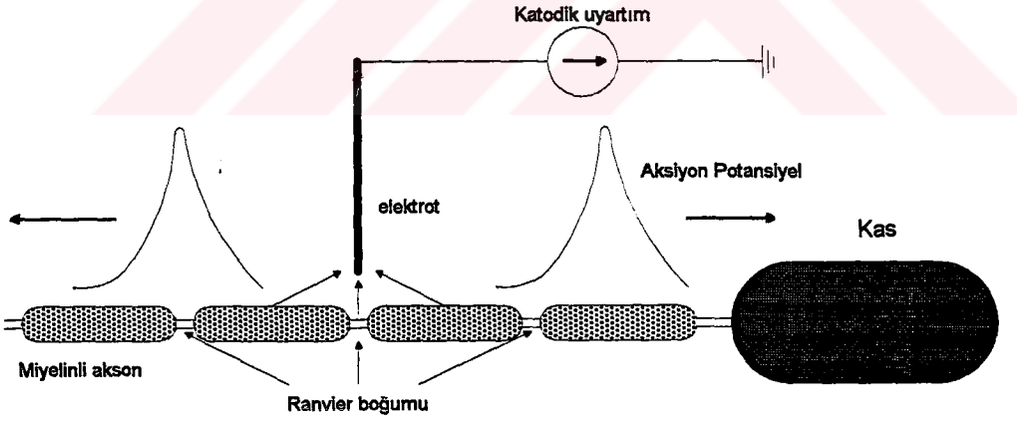
Hücreden hücreye iletişim tamamen elektriksel yoldan gerçekleştiği sinapslara elektriksel sinaps denir. Elektriksel sinapslarda iki zar birimi 2 mm kadar yaklaşır ve aralarında kurulu köprüler aracılığıyla iki hücrenin

sitoplazmaları doğrudan temas halindedir. Morfolojik yapıları nedeni ile elektriksel sinapslara köprü veya gedik de denir.

Hücredeki sodyum kanalları aksiyon potansiyelinin depolanma aşamasında elde edilmesinden sorumludur ve bunlar membran voltajına duyarlıdır. Somada başlayan aksiyon potansiyel zayıflatılmadan iletilir [6].

Şekil 2.6 da miyelinli lifin elektriksel uyarılması görülmektedir. İyonik kanallara sahip miyelinsiz aksonlarda dağıtım doğrudan zarlardan yapılır ve aksiyon potansiyel düzgünce akson boyunca taşınır.

Akson zarlarında kanallar mevcuttur. Bu kanallar rezistif ve kapasitif eleman gibi davranırlar ve iletim hızını sınırlarlar. Çoğu sinir hücrelerinde aksonlar Schwan hücrelerine çevrilmiştir. Bu hücre zarları katlanarak aksonu bir kılıf gibi sararlar miyelin kılıfı adı verilen bu kılıf akson boyunca 1-2 mm de bir düzenli aralıklarla kesintiye uğrar.



Şekil 2.6 Miyelinli lifin elektriksel uyarılması

Ranvier boğumları adı verilen bu kesintilerin uzunlukları çok kısa ve 1 μm kadardır. Akson içine molekül ve iyonlara giriş ve çıkışlar bu boğumlarla gerçekleşir. Miyelin tabakası elektriksel bakımdan yalıtkandır. Miyelinli

aksonlarda, miyelin membran kapasitesini arttırır. Bu sebepten miyelinli aksonlar da iletim hızı miyelinsizlere göre daha büyüktür. Aksonlarda iletim yönünü belirleyen herhangi bir özellik yoktur. Ortasından uyarılan bir aksonda aksiyon potansiyelleri iki yönde yayılabilir [7].

2.4.1 Hacim iletkenlerin de elektrik alanı

Uyartılan uyarılabilir dokular (çevresel sinirler, motor nöronları, CNS nöronlar) her durumda bağıl yüksek iletkenlikli (80-300 Ωcm) harici sıvı ile çevrelenmiştir. Potansiyel kaynağının iletken bir ortam içinde gömülü olduğu böyle bir sisteme hacim iletkeni adı verilir. Ortam içinde bulunan iki nokta arasındaki potansiyel farkı, potansiyel kaynağı özellikleri yanında hacim iletkeni özelliğine de bağlıdır.

Elektriksel uyarı için elektrodlar bu hacim iletkenine yerleştirilirler. Akım yoğunluğu ve elektrik alanının hesaplanmasında homojen ve izotropik bir ortam göz önüne alınır [8].

2.5 Elektrodiyagnostik ve Elektroterapi cihazları

2.5.1 Elektrodiyagnostik

Normal kas ve motor sinirinin kasılması, bunların alışılmış şiddetli akımla uyarılmalarının sonucudur. Kas yada motor sinir hasarlı veya hastalıklı olduğu zaman bunlardan cevap alabilmek için elektriksel uyarıma maruz bırakılır.

Hastalıkların kas ve motor sinirine etkisi, elektriksel cevap vermedeki değişimle hemen anlaşılabilir. Nicel olarak, açıkça görülen bu değişimler normalde gerekli olan akım şiddetinden daha çok yada daha azında kasın kasılmasına yol açar. Bu yüzden kas sistemi ve sinirlerde, bozulma ve yeniden oluşma işlemleri akımla uyarma tekniği kullanılarak açıklanabilir [9].

2.5.2 Elektroterapi

Elektrotedavi, fizyoterapi bölümlerinde, kabul edilen düşük voltaj ve frekansa sahip impals akımlarıyla uygulanmaktadır. Biyolojik reaksiyonlar düşük voltajlı akımlarla gerçekleşir. Hastalanan kas ve sinirlere uygulanan bu akımlar kasların uyarılmasını sağlar. Bu sistem kısmen veya tamamen felçli kas gruplarında, ağrıların dindirilmesinde ve kas spazmlarında yaygın olarak kullanılır.

Yaşadığımız yüzyılın son kısımlarında düşük voltajlı terapi yolları hızla gelişmiştir. Değişik amaçlar için basit ve güvenli elektroterapi aletleri yapılmıştır. Elektroterapi aşağıda açıklandığı gibi genel olarak 4 değişik tip dalga formalarıyla yapılır [9].

1. Galvanik akım: Hücre içinden sabit akışla geçen doğru akımın başlıca etkisi kimyasaldır. Bu etkinin sonucunda iyon hareketleri oluşur ve bu iyonlar deri altında bulunan elektrodların etrafına toplanırlar. Galvanik akım atonic felcin başlangıçta tedavisi ve düzensiz kan akışı tedavisinde kullanılır. Tedavi süresi genellikle 10-20 dakikadır.

2. Faradik akım: Faradik akım şekli, akım siddeti tanımlanmış pals dizini olarak açıklanabilir. Bu akımın darbe süresi yaklaşık 1 ms ve iki darbe arası 20 ms olan bir üçgen dalga formudur. Faradik akım genellikle motor sinirlerine kas kasılmalarında etkilidir. Herhangi bir iyon transferine neden olmaz ve bu yüzden kimyasal etkisi yoktur.

3. Dalgalı akım: Tepe şiddetinin ritmik bir şekilde, bununla beraber genliğinin yavaş bir şekilde artıp azaldığı akım dalga formuna dalgalı akım denir. Ayrıca bu akım faradik akım olarak adlandırılır ve başlıca fonksiyonel felç ve tedavi alanında kullanılır. Darbe oranı genellikle dakikada 6-60 arasında değişen dalgalı akım aletleri bulunmaktadır. Bu akım şeklinde darbe

aralıkları ayarlanabilir. Bu ayarlamalar ile spazm ve ağrı tedavisinde değişik metodlar uygulanır.

4. Eksponansiyel yükselen akım: Bu akım şiddeti felç tedavisinde kullanışlıdır. Bu akım çeşidinin en önemli avantajı hasarlı kasların yakınında bulunan sağlıklı kısımların uyarılmamasıdır.

2.5.3 Stimülatör ve çeşitleri

Elektriksel stimülatör değişken darbe ve dc jeneratördür. Elektriksel stimülatörler de darbenin tekrarlama frekansı, darbe genişliği, polaritesi ve genliği ayarlanabilir. Stimülatörler kullanım amaçlarına ve elektronik devre tekniğine göre iki çeşittir.

2.5.3.1 Kullanım amaçlarına göre stimülatörler

1. Elektriksel Stimülatörler
2. Manyetik Stimülatörler
3. Visual Stimülatörler
4. Odyolojik stimülatörler olmak üzere dört çeşittir [2].

Yıllar önce araştırmacılar ve klinik çalışanlar elektriksel uyarımı son derece sağır ses duyumlarında, görsel zayıflıklarında ışık beneklerinin algılanmasında yürüyemeyen felçli hastaların tedavi ve rehabilitasyonunda, ağrıların bastırılmasında, kalp atışlarının düzenlenmesinde ve kalbin uyartılmasında, bir kısım üriner hastalıkların tedavisinde kullanmışlardır.

Elektriksel uyarma motor nöronları ve kontrol edilebilir kas kasılmaları için kullanıldığında fonksiyonel nöromasküler uyarma (FNS) adını alır. Bu elektriksel uyarmalar çeşitli kas gruplarından uyarıcı devresine bağlı elektrodların uygun şekilde geçirilmesi ile sağlanır. Stimülatör devresi iki şekilde yapılabilir. Bunlardan ilki devrenin vücudun dışında lokalize olması,

diğeri implantasyon yoluyla bağlantı kablosunun vücut içine yerleştirilmesidir.

Fonksiyonel elektriksel uyarım paraplegic hastaların bacak kaslarında önemli ölçüde başarı sağlamıştır. Hastalar yeniden kazandıkları yürüme ve ayakta durabilme yetenekleri bu hastalar için büyük bir rehabilitasyondur. Bu sistemde yüzey elektrodu kullanılır [10].

2.5.3.2 Kullanılan elektronik devre tekniğine göre stimülatörler

Kullanılan elektronik devre tekniğine göre stimülatörler 3'e ayrılır.

1. *Birinci grup stimülatörler:* Elektronik devre elemanları ile kurulan ilk nesil uyarıcılardır. Stimülatör devresi ayrık elemanlardan, değişik teknikler kullanılarak orta büyüklükte plaketler üzerine kurulmuştur. Uygun seçilen elektrodlarla elektrod-deri arayüzü sağlanır. Tek kanallı olarak kullanılırlar.

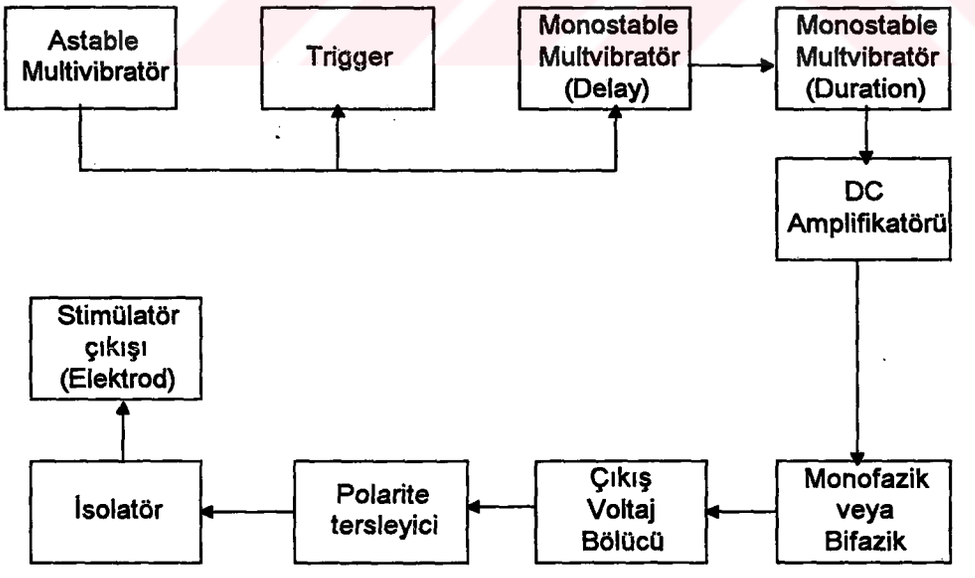
2. *İkinci grup stimülatörler:* Stimülatör devresinde mikroelektronik elemanlar kullanılarak, programlanabilir, bilgisayarla kontrol edilebilir, portatif olarak taşınabilir, hem ölçüleri küçültülüp hem de vücuda yerleştirilebilir hale getirilen kuşaktadır. Çok kanallı olarak ta kullanılabilir. Bunlarla temas, yüzey elektrodlarla sağlanır. Kolay kullanılması, kullanılmasının kolay öğretilmesi, hastanın kolay kullanabilmesi ve portatif olması başlıca üstünlükleridir.

3. *Üçüncü grup Stimülatörler:* Bunlar tek kanallı olup, vücuda yerleştirilen tip stimülatörlerdir. Devrelerinde mikroelektronik teknikleri kullanılarak minyatür hybrid SMD (kalın film tekniği) elemanlarla küçük tek kanal birim elde edilir. Elde edilen minyatür mikroçip cam kaplama veya metal cam kaplama kullanılarak vücuda yerleştirilirler. Modern teknoloji içermelerine rağmen tek kanallı olmaları bir dezavantajdır. Halen çok kanallı implant stimülatörlerle ilgili çalışmalar devam etmektedir [11].

2.5.4 Stimülatöre ait genel blok diyagram

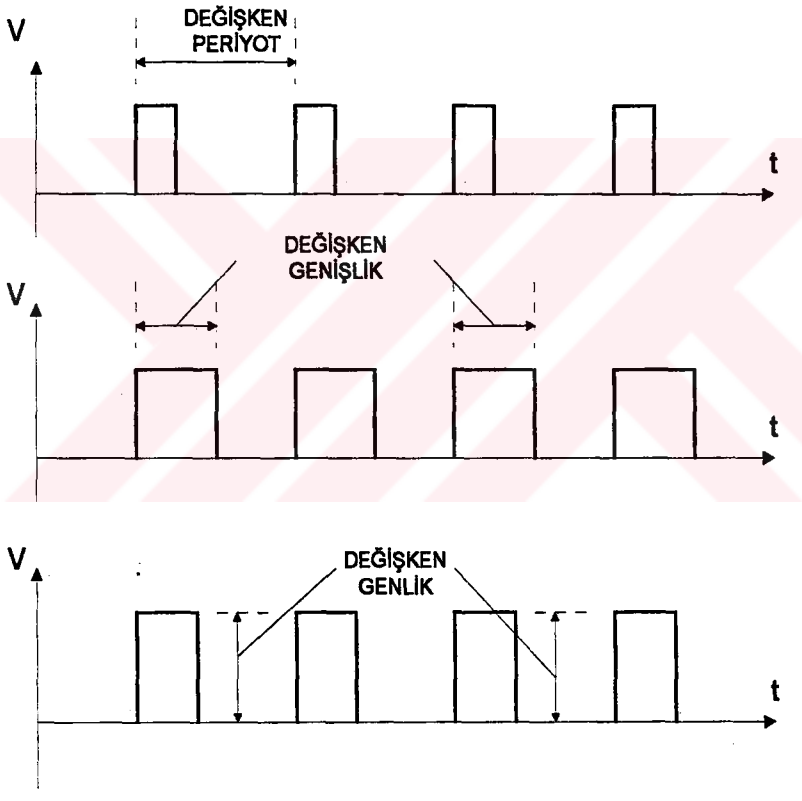
Şekil 2.7 deki blok diyagram bir AC-DC stimülatörün ana fonksiyonlarını ve ayarlanabilir alt sistemlerini göstermektedir. Stimülatörün gerekli frekans ayarını astable multivibratörle sağlar. Bu osilatörün çıkışı tetikleme ve geciktirme alt sistemini sürer. Aynı zamanda tetikleme devresinin ürettiği senkronazisyon darbeleri osilaskoptaki sinyalin taranmasında da kullanılabilir. Geciktirme devresi, frekans değeri belirlenen darbenin zamanında bir miktar geciktirilmesini sağlar.

Geciktirme devresinden çıkan darbeler, monostable multivibratör devresini tetiklemek için kullanılır. Darbe süresi elle de değiştirilebilir ve monostable multivibratör çıkışı, DC yükselteçle yükseltilir. Bu devrenin çıkışı ya monofazik DC veya bifazik AC çıkışlı olarak voltaj çoğaltıcı devreye uygulanır. Voltaj çoğaltıcı devre çıkışı polarite tersleme devresine uygulanır.



Şekil 2.7 Stimülatöre ait genel blok diyagram

İzolatör, darbelerin stimülatör çıkışında görülmesini sağlar. Kullanılan izolatör iyi bir izolasyon transformatörü olabilir. Topraktan çıkışın izolasyonunu sağlamak için kullanılan başka bir metod radyo frekans çıkış katı kullanmaktır. Bu iki metod stimülatörün çıkış izolasyonunu sağlamak için geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metodların sakıncası basit transformatörler distorsiyonsuz kare dalga göndermeyebilir ve radyo frekans metodu oldukça komplekstir. İzolasyon aynı zamanda optoizolatör tekniği ile de sağlanabilir.



Şekil 2.8 Stimülatöre ait genel dalga formları

Şekil 2.8 de stimülatör cihazının çıkışına ait genel dalga formları görülmektedir. İlk şekilde dalganın periyodunun değişmesi, ikicisinde belirlenen periyodun darbe süresinin değiştirilmesi ve üçüncüsünde ise genliğinin değiştirilmesi görülmektedir [12].

2.6 Kullanım Amaçlarına Göre Stimülatörlerin Özellikleri

Ağrı insanın yüzyıllardır en eski düşmanıdır. Tıp, vücudun büyük bir sorunu olan bu ağrılardan kurtulmanın etkili ve yan etkisinin az olduğu bir tedavi yöntemini uzun süredir araştırmaktadır. Bununla birlikte etkili ilaçların maalesef büyük yan etkileri olmaktadır. Geçmiş yıllarda bazı hastalara elektriksel impalsler göndererek başarılı bir şekilde ağrının bu yolla engellediği rapor edilmiştir [13].

Bazı uygulamalarda için minyatür elektrod, bazılarında ise yüzey elektrodu kullanılmıştır. Bu tedavide impalsler darbe jeneratörü ile sağlanır. Bu aletin en önemli parçası vücudun ağrılı alanına devamlı bir uyarım yapan elektrodlardır. Vücudun ağrılı bölgedeki deri üzerine uygulanan elektrodlar devamlı yumuşak elektrik darbeleri verir.

Çok çeşitli elektriksel impals parametreleri üzerinde yapılan araştırmalar, kare dalga ve iğne dalga şekillerinin ağrıyı gidermede elverişli ve aynı derecede etkili olduklarını göstermiştir. Transkütan sinir stimülatörü (TNS) akımı 0 dan 76 mA'e ve frekansı 12'den 100 pals/saniye'ye ayarlanabilen 500 μs'lik bir iğne darbesi üretir. Bazı farklı üreticiler, aynı özelliklere sahip yalnızca iğne darbeleri yerine kare dalga üreten stimülatörleri üretmişlerdir. Örneğin, Transkütan sinir stimülatörü 20-200 Hz'lik bir darbe frekansına, 0.1-1 ms arasında darbe genişliği ve 0-120 V' luk bir darbe genliğine ve 25 mA'lik maksimum çıkış akımına sahiptir. Bu aletler standart 1.5 V'luk 3 pille yaklaşık 100 saat süre çalışabilir. Butikofer ve Lawrance, 1979'da ağrı gidermek için hangi dalga şeklinin uygun olduğunu araştırmışlardır [14].

Ağrının iyileşmesi için sırt sütun stimülatörün kullanılması (DNS) ilk defa Shealy tarafından ileri sürüldü. Bu stimülatör ağrı tedavisinin yanı sıra çeşitli hareket bozukluklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Sırt sütun stimülasyonu

mekanizması tam açıklığa kavuşmamıştır. Cook ve Weinstein bu teknik hakkında çalışmalar yapmışlardır [15]. Ağrıyı inhibe eden belirli aksonları harekete geçirerek mi yoksa ağrıyı ileten aksonları bloke ederek mi yaptıkları tartışma konusudur. Cook ve Weinstein iyileşmesi zor olan sırt ağrılarının kontrolü için sırt sütun stimülatörünün kullanılmasının iyi olacağını rapor etmişlerdir. Aynı zamanda hastanın duyumsal değerlendirilmesi sağlanır. Bipolar elektrodların enerjilenmesi radyo frekans akım tarafından sağlanır. Darbe genişliği 200 μs ve genellikle voltaj ve frekans sınırı sırasıyla 0.4-4 V ve 150-200 Hz dir. Stimülatörün frekans ve voltajı hastanın özellikleri göz önüne alınarak ayarlanır. Alıcı, vücudun akıdan etkilenmemesi için altınla kaplanmıştır. Elektrod daha sonra reçine içine yerleştirilir ve üzerine medikal türü bir plastik boya sürülür.

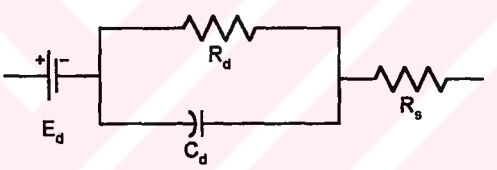
Nörostimülatörlerle uyarım yara dokusu boyunca darbeli sinyal ile sağlanır. Uyarım için eşit genlikli fakat zıt polaritede sinyal (bifazik) uygulanır. Darbe jeneratörünün frekans aralığı 1-200 Hz ve çıkış voltajı 0.1-14 V arasındadır bu darbe jeneratörleri 9 V'luk gerilimle çalışacak şekilde dizayn edilir. Galvan ve Burzaco çok şiddetli ağrılara sahip 20 hasta üzerinde TNS kullanarak çalışma yapmış ve %100 başarı oranı sağlamışlardır [16]. Bu stimülatörler 20-300 Hz frekans aralığında kullanılırlar ve ayarlanabilir darbe genişlikleri ise 0.2 ms ile 0.3 s arasındadır. Taşıyıcı frekansı ise radyo frekans mertebesine olup 1.4 MHz dir. Brummer ve Turner sinir sisteminin elektrokimyasal etkiden uzak güvenli bir elektriksel uyarım için platin elektrodlar kullanmışlardır. Uygulanan akım elektrodun büyüklüğü ile orantılıdır [17].

2.7 Stimülatörlerde Kullanılan Elektrod Tipleri

Hücre uyarmada kullanılan elektrod tipleri genelde, biyoelektrik potansiyellerin algılanmasındaki elektrodlara benzerler. Ancak bu

elektrodlardan elektrod-elektrolit ara yüzünde mili amperler mertebesinde uyarı akımları akıtılmaktadır.

Uyartım elektrodlarını incelediğimizde, dokuların elektriksel eşdeğerinden dolayı elektrod-elektrolit ara yüzeyinde devre akımı sıfır değildir. Bifazik uyartım sinyalleri kullanıldığında, darbe süresi aşırı uzun periyotlarda ortalama akımı sıfırdır. Fakat uyartım sinyali boyunca elektrod uçlarına düşen akım bir yönde farklı, diğer yönde farklı bir zamandadır. İki yöndeki akım büyüklüğü de eşit olmayabilir. Buna göre elektrodlar için eşdeğer devre, uyartım parametrelerinden, prensip olaraktan akım ve uyartım işaretinin süresinden belirlenir. Elektrodun elektriksel eşdeğer devresi Şekil 2.9 da görülmektedir.



Şekil 2.9 Elektrodun eşdeğer devresi

Bu modelde C_d elektrod-elektrolit ara yüzeyindeki yük biriminin neden olduğu kapasiteyi, R_d ise bu kapasitenin kaçak direncini temsil etmektedir. E_d, elektrodun yarı hücre potansiyeline karşılık olan gerilim kaynağıdır. R_s ise elektrolitin direncine karşılık gelir. Elektriksel uyarı için monofazik ve bifazik dikdörtgen dalga kullanılmaktadır. Uyarı genellikle sabit akım veya sabit gerilim biçiminde yapılır [18].

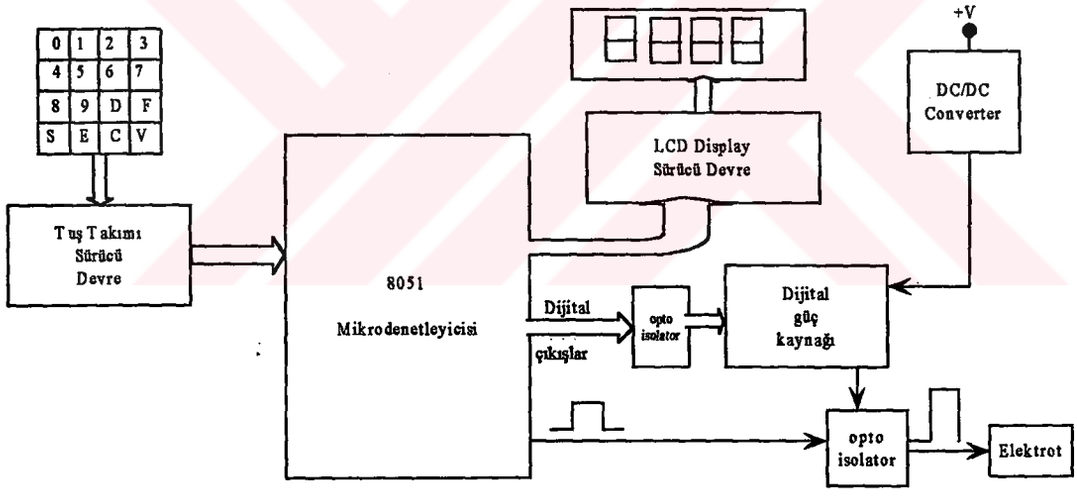
Elektrodiagnostik ve elektroderapide kullanılan elektrod tipleri ortaktır. Tek fazlı teknikte küçük aktif stimülasyon elektrodu kullanılır. Pasif ve ayırıcı elektrod geniş bölgelidir ve aktif elektrodun yakınında yer alır. Bu teknik galvanik ve faradik testi için kullanılır.

Teşhiste kullanılan elektrod, küçük kalın muslin bir top üzerine veya özel bir kulpa bindirilir. Kulp, çıkışı uygun bir şekilde kontrol edebilmek için parmakla yönetilen bir anahtar taşır. Benzer şekilde özellikle tedavi uygulamaları için küçük bir metal elektrod, motor noktası üzerine tutturulabilir. Her iki elektrod vücuda yerleştirilmiştir. Böylece diğer işlemleri yapmak daha kolay olacaktır. Bu metod da yüksek akım yoğunlukları nedeniyle küçük aktif elektrod kullanılmalıdır. Uygun büyüklükteki metal tabaka bu sistemdeki elektrod gibi kullanılabilir. Elektrod yaklaşık 1cm kalınlığında nemli yastık üzerine bağlanır. Bu yastıklar için kullanılan materyaller iyi bir emicidir. Bu nemlendirme işlemi için normal su kullanılabilir. Elektrodlar lastik şeritle belli bir pozisyonda tutulur. Eğer motor siniri tamamen bozulursa kas uyarımında kullanılan yöntemle motor siniri düzeltilemez. Fizyoterapistler bütün motor noktaları üzerinde deneyler yaparak doğru noktalara uyartımın nasıl yapılacağını araştırmıştır [9].

3. STİMÜLATÖR DONANIMI

3.1 Sistemin Genel Yapısı

Stimülatör ayarlanabilen genlik, frekans ve darbe sürelerinde darbe dizisi üretebilen sistemlerdir. Günümüzde mikroişlemci tabanlı elektronik stimülatör uygulamaları çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır [19]. Bu çalışma da stimülatör cihazı mikrodenetleyici kullanılarak yapılmıştır. Yapılan cihazın çıkışında frekansı 10-300 Hz arasında, darbe süresi 0.02-99 ms arasında ve çıkış gerilimi 0-120 V arasında elde edilmiştir. Şekil 3.1 de 8051 mikrodenetleyicisi kullanılarak gerçekleştirilen stimülatörün blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Devrenin blok diyagramı

Tuş takımından frekans, darbe süresi ve voltaj değerleri girilir. Frekansın değeri üç rakamlı (100-300) veya iki rakamlı (10-99) olabilmektedir. Üç rakamlı girildiğinde sistem otomatik olarak Enter tuşuna basılmış kabul

edecektir. Eğer iki rakam girilecekse ikinci haneden sonra Enter tuşuna basılmalıdır. Aynı durum voltaj için de geçerlidir. Darbe süresi ise bir veya iki rakamlı olabilmektedir. Aynı şekilde tek bir rakam girilecekse birinci rakamdan sonra Enter tuşuna basılmalıdır. Kullanılan tuş takımı sürücü entegresi heksadesimal çıkış veren bir entegredir. Buna göre 0,1...9 rakamlarını girilen sayı değerleri için kullanılırsa, diğer kullanılmayan A,B,C,D,E ve F heksadesimal rakamlarına başka görevler atanabilir. Buna göre bu devre için, A,B,C,D,E ve F harflerinin görevleri şu şekilde belirlenmiştir: Heksadecimal A rakamı darbe süresini, B rakamı frekansı, C rakamı Enter, D rakamı start, E rakamı Clear ve F rakamına ise genlik tuşu olarak atanmıştır.

Tuş takımında bir tuşa basıldığında aynı anda rakam LCD'nin en sağında görülecektir. Her basılan tuşta LCD görülen rakamlar sola doğru kayar ve yeni rakam en sağa yerleşir. Sayı girildikten sonra eğer tekrar değiştirmek istenirse frekans, darbe süresi veya voltaj tuşlarına basılmalıdır. Basıldığı zaman LCD de eski değerler görülecektir. Bu sayı silinmek istenirse Clear tuşuna basılmalıdır. Eğer sayıyı değiştirmek istemiyorsak Enter tuşuna basılmalıdır. Bütün bu giriş işlemleri bittiğinde start tuşuna basılmalıdır. Start tuşuna basıldığı anda Mikrodenetleyicinin çıkışında istenen frekans ve darbe süresi değeri elde edilir.

Şekil 3.1 de devrenin blok diyagramı görülmektedir. DC/DC konverter kullanılmasının nedeni istenilen maksimum 120 V gerilimi elde etmektir. Diğer bir nedeni ise insan vücudunu etkilenmemesini yani vücut ile toprak arasında izolasyon sağlamaktır. Bu devrenin ayrıca akım sınırlama özelliği de vardır. Ayarlanan akım değerinden daha yukarısında çıkış, gerilim vermez. Dijital güç kaynağı ise mikrodenetleyiciden gelen dijital bilgiye göre 120 V'luk gerilimi istenilen değere düşürür. Mikrodenetleyiciden gelen dijital bilgiler bir optoizolatör üzerinden uygulanmıştır. Bu devrede çıkış geriliminin

ayarlanmasını Digital/Analog konvertör ve voltaj regülatör entegresi ile beraber yapılmaktadır. Digital/Analog konvertör çıkış gerilim ayarlanmasını gelen dijital bilgiye göre voltaj regülatöründen akım çekerek sağlar. Regülatör entegresi ise gerilimini sabit tutmak için çıkışta bulunan transistörleri kullanılır. Ayrıca çıkış akımını istenilen değerde sabit kalmasını da sağlamak mümkündür. İstenilen değere azaltılmış olan bu gerilim mikrodenetleyiciden gelen istenilen frekans ve darbe süresinde bir optoizolatör üzerinden anahtarlanır. Ve böylece çıkışta istenilen frekans , darbe süresi ve gerilimde kare dalga sinyaller elde edilmiş olur.

3.2 8051 Mikrodenetleyici

3.2.1 Mikroişlemci ile Mikrodenetleyici'nin birbiriyle karşılaştırılması

Mikroişlemci, bellek, giriş ve çıkış portlarının bir araya gelmesiyle oluşan sisteme mikrobilgisayar adı verilir. Mikrodenetleyici ise kısaca tek çip üzerine imal edilen tam bir bilgisayardır. Mikroişlemci ile Mikrodenetleyici arasındaki temel fark, mikrodenetleyicinin sabit bir programın sürekli çalışması gereken durumlarda kullanılmasıdır. Mikroişlemciler ise kapsamlı ve duyarlı işlemler yapmak için seçilen bir sistemdir. Mikrodenetleyici sistemler gerçek zaman işlemleri ve çoklu görev yeteneklerini gerektirir. Gerçek zamanlı işlemlere elverişli olduğundan kendi çevresindeki sinyalleri alabilmesi ve işlemesi daha kolay olacaktır. Çoklu görev, aynı zamanda veya aynı anda birkaç tane görev yapma yeteneğidir. Bunu da Mikrodenetleyici yerine getirebilir. Mikrodenetleyici sistemin bazı durumlarını göstermek ve ihtiyaç artırımınızı karşılamakla sorumludur [20].

3.2.2 8051 Mikrodenetleyici sistemi

8051 Mikrodenetleyicisi, 3,5-12 MHz saat frekansı ile çalışan tek yonga 8 bit mikrodenetleyicidir.

8051 Mikrodenetleyici yongası;

4 Kbyte x 8 ROM, 128 x 8 RAM, 4 x 8 bit ports, 32 I / O hattı, Full dublex seri port, Boolean işlemcisi, osilatör devresi, dış bellek 128 KByte'a yükseltilebilir iki adet önceliğe sahip 5 adet kesme kaynağıdır. 8031 Mikrodenetleyicinin, 8051 Mikrodenetleyiciden tek farkı ise, 8031 Mikrodenetleyicide ROM bellek bulunmamasıdır. Diğer bütün özellikler aynıdır [21].

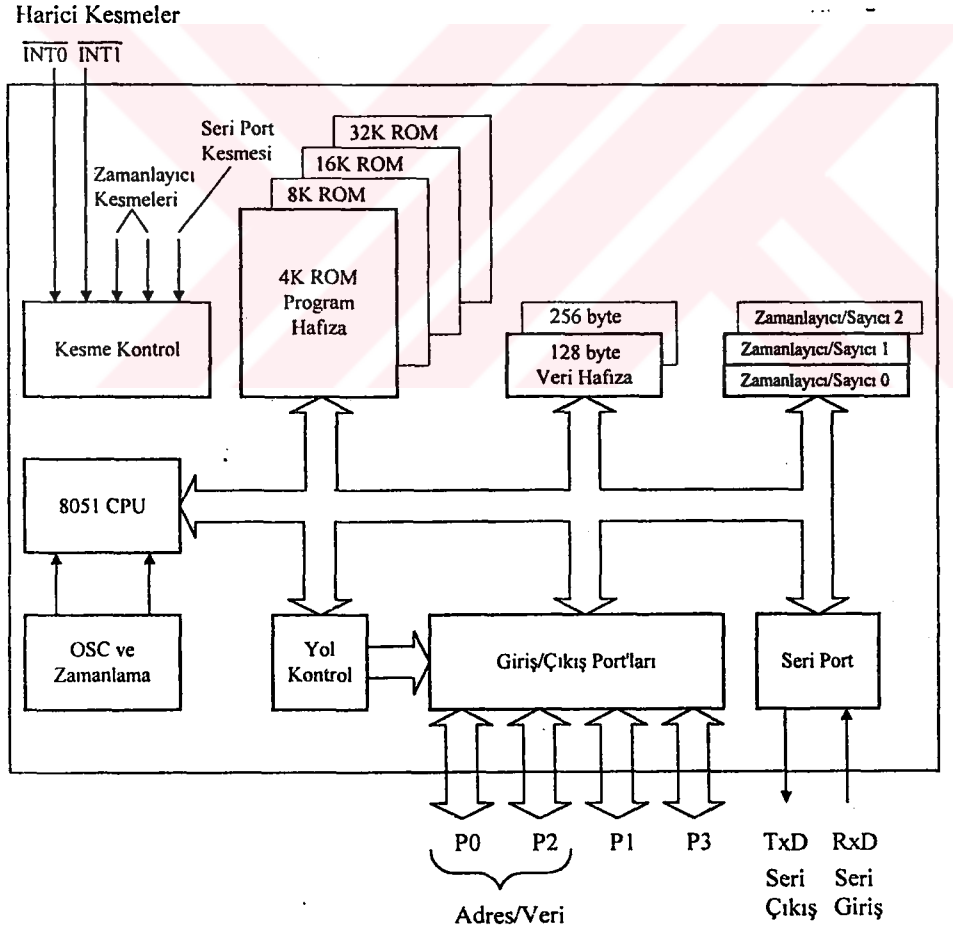
3.2.3 8051 Mikrodenetleyicinin blok diyagramı ve ayak bağlantısı

8051 mikrodenetleyicisinin blok diyagramı Şekil 3.2 de, ayak bağlantılarına ait açılamalar ise Çizelge 3.1 de özetlenmiştir [21].

Çizelge 3.1 8051 Mikrodenetleyici ayaklarının görevleri

NO	SEMBOL	AÇIKLAMA
1-8	PORT-1	1'den 8'e kadar oluşan bu uçlar paralel giriş veya çıkış olarak kullanılan port-1'in uçlarıdır.
9.	RST	RESET (Sıfırlama) ucu. Mikrodenetleyici sıfırlandığı durumda, program belleğin 0000H adresinden itibaren çalışır.
10-17	PORT-3	Paralel giriş çıkış port-3'ün uçlarıdır.
18	XTAL 2	Saat sinyali giriş ucu 2
19	XTAL 1	Saat sinyali giriş ucu 1
20	VSS	Mikrodenetleyicinin şasesi
21-28.	PORT-2	Adres yolu olarak kullanılan Parelel giriş-çıkış uçlarıdır.
29	PSEN	Dış program belleğinden bilgi okunurken dış bellek elemanı, bu kontrol sinyali ile adres bilgisi geldikten bilgiyi veri yoluna çıkarır.

NO	SEMBOL	AÇIKLAMA
30	ALE	Mikrodenetleyicinin dış dünya ile haberleşmesinde Port 0 hem veri, hem de adres bilgisinin 8 biti için kullanılır.
31.	$\overline{EA}$	Mikrodenetleyici içindeki ROM'un program belleği için kullanılıp, kullanılmayacağına karar verir.
32-39	PORT0	Paralel giriş-çıkış portu 0. Bu port dış elemanlar
40	VCC	Mikrodenetleyicinin pozitif besleme ucu.

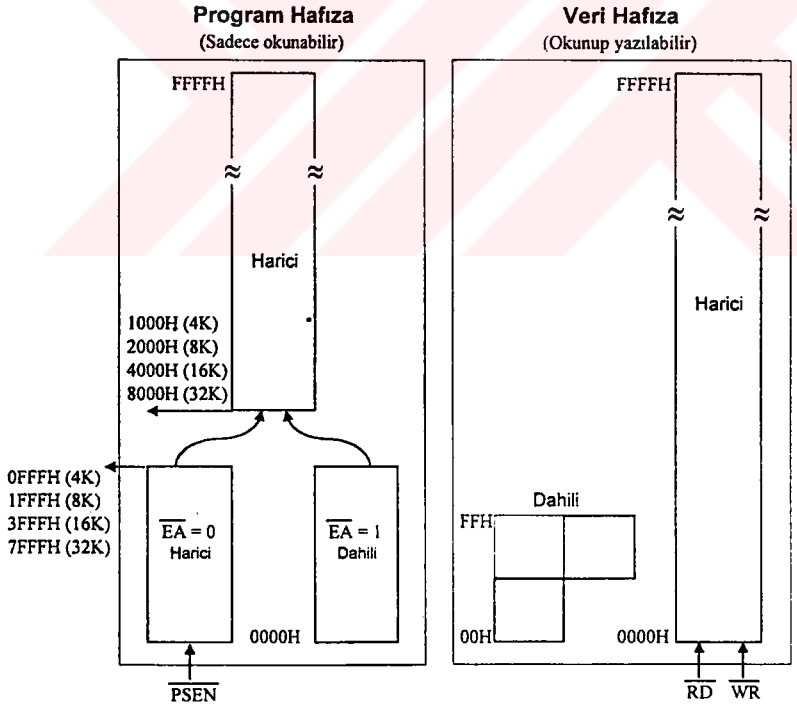


Şekil 3.2 8051'in Mimari yapısı

8051 mikrodenetleyicisi 40 tane bacağa sahiptir. Çizelge 3.1 de 8051'e ait bacakların görevleri gösterilmiştir.

İlk 8051 temel mimarisi, 4 KByte'lık tümdevre üzeri program hafızaya sahiptir. Daha sonraki ürünlerden, 8052, 8 KByte ROM ve 8752, 8 KByte EPROM program hafızalara sahiptir. Daha yeni 8051 mikrodenetleyicilerinden olan 83C51FB 16 KByte EPROM ve 83C51FC, 32 KByte EPROM program hafızalı ürünlerinden bazılarıdır. Burada kullanılan mikrodenetleyici ise 89C52 dir. Bu mikrodenetleyici 8052'nin bütün özellikleriyle aynıdır. Tek farkı ise EEPROM kullanılmasıdır [21].

3.2.4 8051 Mikrodenetleyicinin bellek haritası



Şekil 3.3 8051 Ram belleğine ait blok diyagram

8051 Mikrodenetleyici daha önceden de belirtildiği gibi 4 KByte ROM ve 128 Byte RAM belleğe sahiptir.

Şekil 3.3'de görüldüğü gibi 8051 mikrodenetleyicinin belleği; program belleği ve bilgi belleği olmak üzere iki kısma ayrılır. Veri belleği içeride 256 Byte, dışarıda ise 64 KByte olabilir. İçerideki 256 Byte'lık bölgenin ilk 128 Byte'ı RAM bellek olarak yani diğer bir ifadeyle bilgi belleği olarak, ikinci 128 Byte'ı ise özel işlev kaydedicilerine ayrılmıştır.

Program belleği ise içerde 4 KByte ROM, dışarıda ise 64 KByte olarak sınırlandırılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta sistemin program belleğinin nereden başlayacağı konusudur. Yani program belleğinde iç ROM belleğinin kullanılıp kullanılmayacağıdır. Bu seçim mikrodenetleyicinin 31 no'lu ayağı olan $\overline{EA}$ ucunun alacağı değere bağlıdır. Eğer $\overline{EA}$ ucu lojik "0" ise program belleği tamamen dış bellek olarak tanımlanır. $\overline{EA}$ ucu "1" ise program belleği içerdeki 4 KByte'lık ROM'dan itibaren başlar. Bellek haritasında yer alan diğer bir bölge ise iç RAM belleğinde bulunan bit adreslenebilen bölgesidir [21].

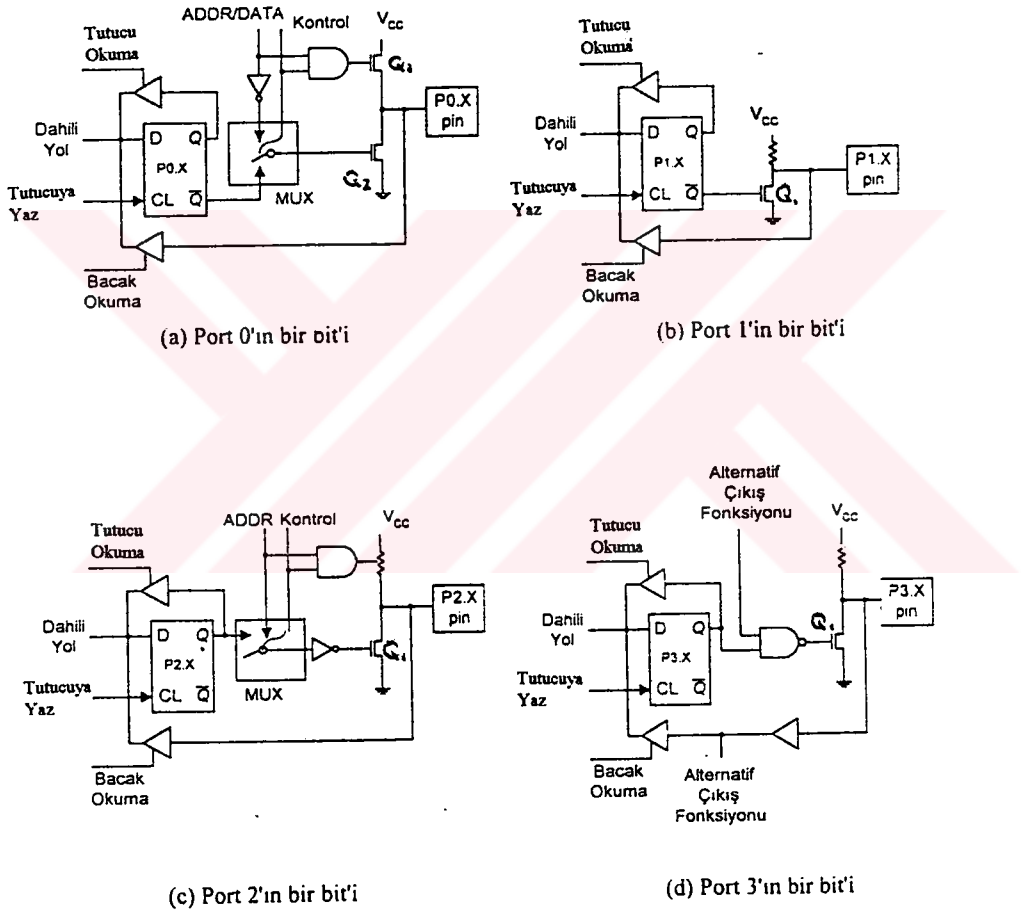
3.2.5 8051'in port yapısı

8051 Mikrodenetleyicinin 4 adet Paralel giriş – çıkış kanalı vardır. Bunlardan port-1 basit bir giriş-çıkış kanalıdır. Port-0, port-2, port-3 kanalları ise bu işlemin yanı sıra başka görevleri de üstlenmişlerdir. Şekil 3.4 de 8051 portlarının ayrıntılı devre diyagramları ve giriş/çıkış tamponları görülmektedir [21].

3.2.5.1 Port 1'in yapısı

Tutucu devre Porta yazılan yada okunan bilginin, diğer bilgi gelinceye kadar tutulmasını sağlar. Vcc ile FET transistör arasına konan direnç ise porta, 1

yazıldığında çıkışta yüksek direnç göstermesi için konulmuştur. Bu devrenin dirençlerle değil de, FET transistörle yapılmasının sebebi ise; dirençlere göre FET transistörlerin, yonga üzerinde daha az yer kaplamasıdır.



Şekil 3.4 8051 Portlarının tutucuları ve giriş/çıkış tamponları

Port'a bilgi yazılması: Portun herhangi bir bitine "1" yazıldığında, bu bilgi tutucu tarafından tutulur. Aynı zamanda Q ucu "0" olur. Bu ucun 0 olması Q_2

FET transistörünü açık devre yapar. Bu durumda direnç üzerinden 80 μA akım akar. Aynı bite 0 yazıldığında Q ucu 1 olur ve Q_2 FET transistörü iletime geçerek çıkışı şaseye çekip, 0 yapar. Bu durumda çıkıştan Q_2 FET transistörü üzerinden içeriye doğru 1,6 mA akım akar. Bu akımlar arasındaki simetrik olmayan durum sistemin TTL olmasını sağlamaktadır.

Port'tan bilgi okunması: Portlar vasıtasıyla dışarıdan bilgi okunurken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; okuma yapmadan önce, bu portun 1 yapılmasıdır. Bunun nedeni; port 0'da bırakıldığında çıkış doğrudan şaseye bağlanmış olacağından gelen bilgi bozulacak ve doğru bir okuma yapılamayacaktır. Sistem sıfırlandığı anda tüm portların çıkışı 1 olur. Porta girilen bilgi bir tampondan geçerek iç veri hattına çıkar. Aynı zamanda, tutucu da yada yazılarak ikinci bilgi gelinceye kadar, hatta kalması sağlanır.

3.2.5.2 Port-2'nin yapısı:

Port-2'nin normal bir giriş çıkış kapısı olmasından başka diğer bir görevi de; dış belleğe ulaşmada gerekli olan adres bilgisinin üst 8 bitini taşımasıdır. Bu işlem bir anahtarlama düzeneği ile sağlanmaktadır. Bu sistem FET transistörlerden oluşturulmuştur.

Dış belleğe ulaşılmak istendiğinde, yani MOVX < >, < > komutu kullanıldığından otomatik olarak denetim ucu yoluyla, Port-2 iç adres yoluna bağlanmış olur. Bu kapının Port-1'den diğer bir farkı ise; tutucunun Q çıkışından yararlanılmış ve anahtarlamadan sonra bir evirici kullanılmış olmasıdır.

3.2.5.3 Port-3'ün yapısı:

Port-3'ün, Port-2 gibi ikinci bir görevi daha vardır. Bu görevi ise, sistemin dış dünya ile haberleşmesi için gerekli olan kontrol uçlarının bu port üzerinde olmasıdır. Bu uçlar ve görevleri ise şunlardır:

Port-3.0 :	RXD	Seri bilgi alma
Port-3.1 :	TXD	Seri bilgi gönderme
Port-3.2 :	INTO	Dış kesme 0
Port-3.3 :	INTI	Dış kesme 1
Port-3.4 :	TO	Zamanlayıcı / Sayıcı 0 girişi
Port-3.5 :	TI	Zamanlayıcı / Sayıcı 1 giriş
Port-3.6 :	WR	Dış RAM belleğine yazma denetim çıkışı
Port-3.7 :	RD	Dış RAM belleğinden okuma denetim çıkışı

Port-3'ün, port-2'den tek farkı, anahtarlama ve evirici yerine bir NAND kapısı kullanılmış olmasıdır. Bu porttan bilgi okunurken Port 1 ve 2 de olduğu gibi, çıkış 1 olmalıdır. Aksi halde seçenek işlevi bilgisi NAND kapısı çıkışında kendini gösteremeyecektir.

3.2.5.4 Port-0'ın yapısı:

Port-0 (PO) normal port işlevinden başka çevre birimler kullanıldığında adres bilgisinin alt 8 biti ve veri yolu için kullanılır. Bu sebepten dolayı PO'ın yapısı diğerlerinden biraz daha karışıktır.

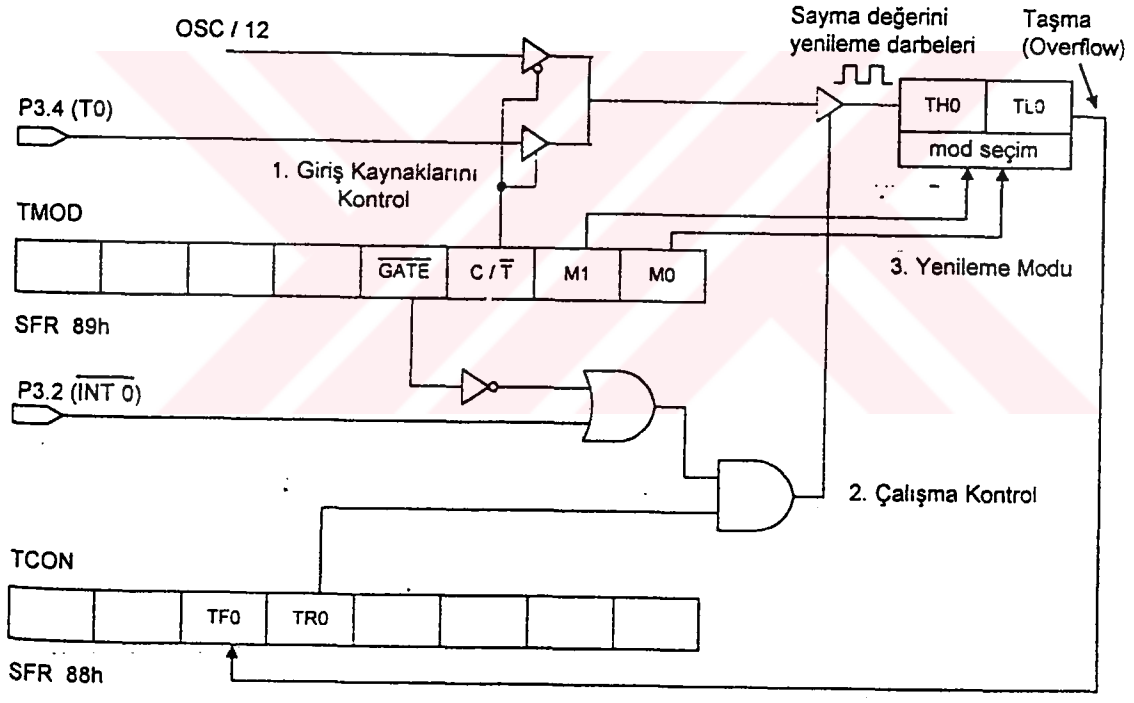
Kontrol girişi 1 olduğunda ise çıkış adres / veri yoluna bağlanmış olur. Bu durumda önce adres bilgisinin alt 8 biti porttan çıkacak, bu bilginin dışarıda tutucu tarafından ALE sinyali vasıtasından tutulmasından sonra port veri yolu olarak kullanılacaktır.

Bu modda çalışırken Kontrol = 1 ve adres/veri = 1 olursa ve (AND) kapısının çıkışı 1 olacak ve Q1 FET transistörü iletime geçecektir, bu anda eviricinin çıkışı 0 olduğundan, Q2 kesime gidecek ve çıkış 1 olacaktır. Bu çalışma şeklide FET transistör'lerin simetrik (Push-Pull) bağlanmasıyla gerçekleşir.

3.2.6 8051 Mikrodenetleyici zamanlayıcı yapısı

8051 Mikrodenetleyicisi zamanlayıcı 0 ve zamanlayıcı 1 olmak üzere 2 tane 16 bit zamanlayıcıya sahiptir (Şekil 3.5). Bu birimlerin yapısı kısaca aşağıdaki gibidir:

Bu zamanlayıcı / sayıcılar zamanlayıcı konumda iken, zamanlayıcı sayıcı kaydedicisinin (THx veya TLx) değeri her makine periyodunda bir artar. Yani zamanlayıcı makinenin periyodunu sayar. Bir makine periyodu ise osilatör frekansını 1/12'sine eşittir.



Şekil 3.5 8051 Mikrodenetleyici zamanlayıcı yapısı

Sayıcı konumunda T0 ve T1 giriş uçlarının "1" den "0" a geçiş anlarında kaydedicinin değeri bir artar. Bu fonksiyonda sayıcı, makine periyoduna bağlı olarak dış giriş ucundan örnek alır. Örnekleme sırasında giriş sinyali "1"den

"0"a düşüyorsa sayıcının değeri bir artar. Bir sonraki örnekleme için, bir makine periyodunun geçmesi gerekmektedir. Bu yüzden örnekleme frekansı osilatör frekansının 1/24 üne eşittir. Bundan daha yüksek frekansta bir sinyal T0 ve T1 uçlarına uygulanacak olursa hatalar oluşur [21].

3.2.7 Zamanlayıcıların kontrol kaydedicileri

Zamanlayıcı 1 veya 2'nin çalışma modlarının seçimi TMOD kaydedicisi ile kontrollerinin yapılması ise TCON kaydedicisi ile sağlanır. Şimdi bu kaydedicileri kısaca açıklayım [22].

GATE: Gate kontrol biti "1" olduğunda zamanlayıcı "x" in çalışabilmesi için INT_x dış kesme girişinin 1 olması yeterli olacaktır.

C / T: Zamanlayıcı veya sayıcı seçme bitidir. Eğer bu bit "1" yapılırsa "T_x" girişinden alınan sinyalle sayıcı işlemi yapılır. "0" yapılırsa makinenin periyoduyla zamanlayıcı işlevi yapılır.

TF1 PCON7 : Zamanlayıcı-1 taşma bayrağı. Zamanlayıcı istenilen değerden FFH değerine ulaştığında donanım ile 1 olur. Program ile sıfırlanır.

TP1 PCON6 : Zamanlayıcı 1 çalışma biti. Bu bit "1" yapılırsa zamanlayıcı çalışmaya başlar. "0" yapılırsa durur.

TFO PCON5 : Zamanlayıcı 0 taşma bayrağı. Zamanlayıcı istenilen değerden FFH değerine ulaştığında donanım ile 1 olur. Program ile sıfırlanır.

TRO PCON4 : Zamanlayıcı 0 çalıştırma biti. Bu bit "1" yapılırsa zamanlayıcı çalışmaya başlar. "0" yapılırsa durur. TR1 bitini 1 veya 0 yapmak program ile gerçekleşir.

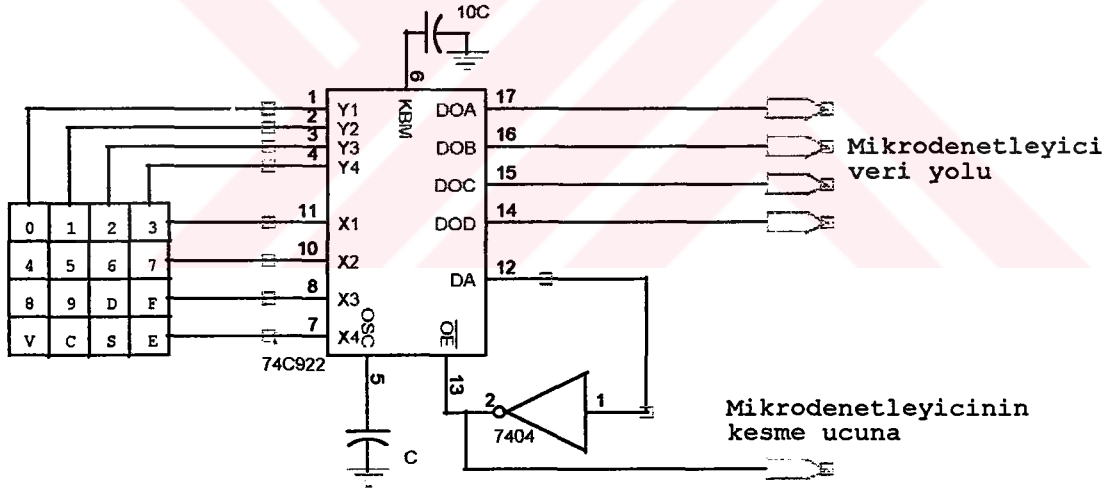
3.2.8 8051 Mikrodenetleyici kesme sistemi (interrupt)

Herhangi bir sistemin mikrodenetleyici tarafından kontrolü veya kullanılması sırasında mikrodenetleyicinin bu birimi sürekli olarak test etmesi gerekir. Bu

testin süresi kontrol edilen sistemin hızına bağlıdır ve bu hız genelde mikrodenetleyicinin hızından düşüktür. Sistemin kontrolü kesmelerle yapıldığında mikrodenetleyici sürekli o sistemi okumak yerine, kesme geldiğinde sistem ile ilgilenecek bunun dışında ise diğer işleri yapabilecektir [22].

3.3 Tuş takımı Sürücü Devresi

Şekil 3.6 da tuş takımı sürücü devresi görülmektedir. Bu devrede 4x4 matris şeklinde kurulu butonların o andaki basılan değerin heksadesimal karşılığını çıkışa aktarmaktır.



Şekil 3.6 Tuş takımı Sürücü Devresi

DA (Data Avaliable) ucu tuşa basıldığında +V sinyali üretir. Bu sinyal evirme kapısından geçirilerek $\overline{OE}$ ve mikrodenetleyicinin INT0 (Interrupt) ucuna verilmiştir. $\overline{OE}$ ucu elde edilen heksadesimal değerin çıkışa aktarılmasını

sağlar. Mikrodenetleyicideki INT0 ucu ise port uçlarına verinin geldiğini belirtir [23].

Bu entegre, Şekil 3.7 den de anlaşılabileceği gibi *20* anahtarlama işlemi görür. Yani bu entegrenin çıkışından ikili kod olarak *0*'dan *19*'a kadar rakamları alabiliriz demektir. Devrenin çalışması şu şekilde olur:

Dışarıdan bağladığımız bir osilatörle 2 bitlik sayıcımızı saydırırız. Yani 2 bitlik sayıcımız, girişine uygulanan her saat darbesiyle sırasıyla Çizelge 3.2'de görülen çıkışları verir.

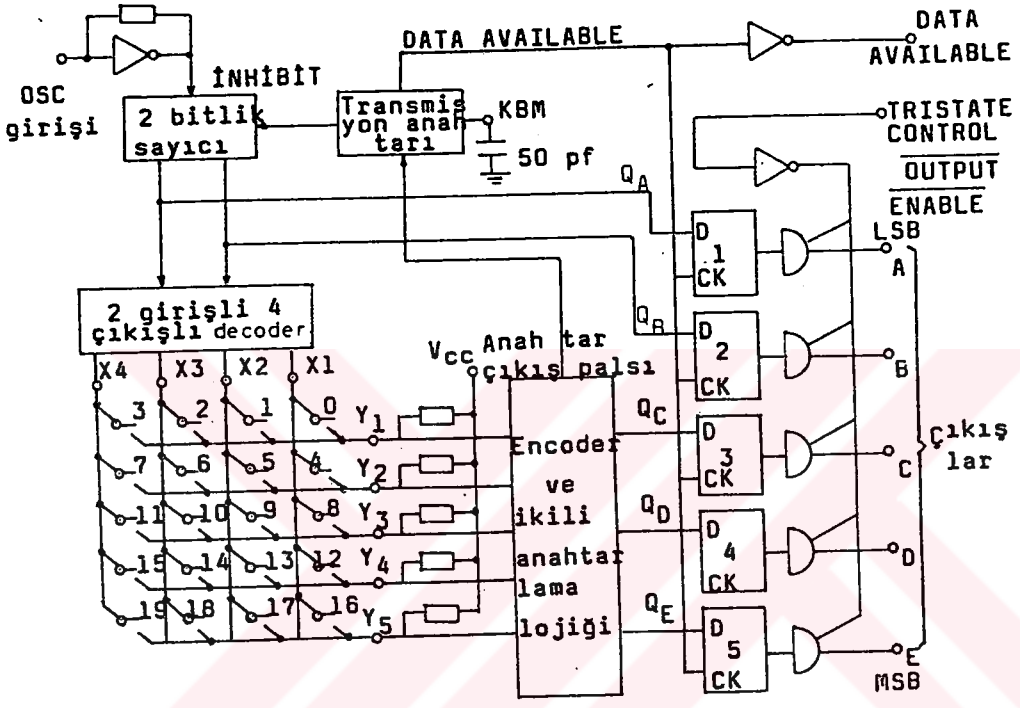
Çizelge 3.2 Sayıcı çıkışları

Saat darbesi	B	A
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

Bu çıkışlar Şekil 3.7 de görüldüğü gibi 2 girişli decimal çıkışlı bir kod çözücüye uygulanır. Kod çözücü girişine *00* uygulandığında X_1, *01* uygulandığında X_2, *10* uygulandığında X_3 ve *11* uygulandığında X_4 çıkış verir. Bu kod çözücünün çıkışı bize, Şekil 3.7 de görüldüğü gibi X_1, X_2, X_3 ve X_4 hatlarını verir. Blok şemamızda ayrıca bir kodlayıcı kullanılmıştır. Bu kodlayıcı bize, girişine uygulanacak bilgiye göre bir kod verecektir.

Kodlayıcının girişinde Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 ve Y_5 hatları mevcuttur. Buradan anlaşılacağı gibi böyle bir sistemden *4X5=20* matrisi elde edilir. Ayrıca bu kodlayıcı, bir transmisyon anahtarı kumandası yaparak sayıcımızı kilitleyecek bir çıkışa sahip olmalı ve anahtar sayıcımızı kilitlemenin yanında devrede bulunan *D* tipi flip-flop'ların da tetiklenmesini sağlamaktadır.

Bütün anahtarlar açık iken kodlayıcı girişleri *(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 ve Y_5) 1* olmakta ve anahtar çıkış darbesi, transmisyon anahtarını açık tutarak *D* tipi flip-flop'ların tetiklenmesini önler.



ANAHTAR KONUMU	0 Y_1X_1	1 Y_1X_2	2 Y_1X_3	3 Y_1X_4	4 Y_2X_1	5 Y_2X_2	6 Y_2X_3	7 Y_2X_4	8 Y_3X_1	9 Y_3X_2	10 Y_3X_3	11 Y_3X_4	12 Y_4X_1	13 Y_4X_2	14 Y_4X_3	15 Y_4X_4	16 Y_5X_1	17 Y_5X_2	18 Y_5X_3	19 Y_5X_4
DATA A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
DATA B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
DATA C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
DATA E*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Şekil 3.7. 74C922 Entegresine ait blok diyagram

Buradaki transmisyon anahtarlarının bir özelliği de anahtar çıkış darbesi uygulandığında hem 2 bitlik sayıcımızı kilitler hem de aynı anda *D* tipi flip-flop'ların tetiklenmesini sağlar.

0 nolu anahtarı kapattığımızda, yani X_1 ile Y_1 hatlarını kısa devre yaptığımızda kodlayıcının Y_1 girişi *1* olmaktadır. Bu anda anahtar çıkış darbesi transmisyon kapısını açarak *2* bitlik sayıcımızı $Q_A=0$ *ve* $Q_B=0$ olduğundan saat darbesi uygulansa da *A, B, C, D, E* çıkışları *0* olur.

1 nolu anahtarı kapattığımızda (X_2 ile Y_1 hattını kısa devre yaptığımızda) X_2 çıkış verinceye kadar (çıkışın *00*'dan *01* konumuna kadar) anahtarlama çıkış darbesi oluşmayacak dolayısıyla sayıcının sayma işlemi önlenmeyecektir. X_2 çıkış verince Y_1 *1* olur ve anahtar darbesi oluşur. Dolayısıyla transmisyon anahtarı, hem sayıcıyı bu konumda kilitler hem de saat darbesi verir. Bu durumda kilitlenen bilgi $Q_A=1$, Q_B, Q_C, Q_D ve $Q_E=0$'dır. $Q_A=1$ olduğundan *1* nolu flip-flop'un *D* girişi *1* olacak ve transmisyon anahtarından gelen saat darbesiyle iletime geçecektir. Bu anda sistemin ikili çıkış formu *LSB 10000 MSB* şeklinde görülür. Yani çıkış ikili olarak *00001*'dir.

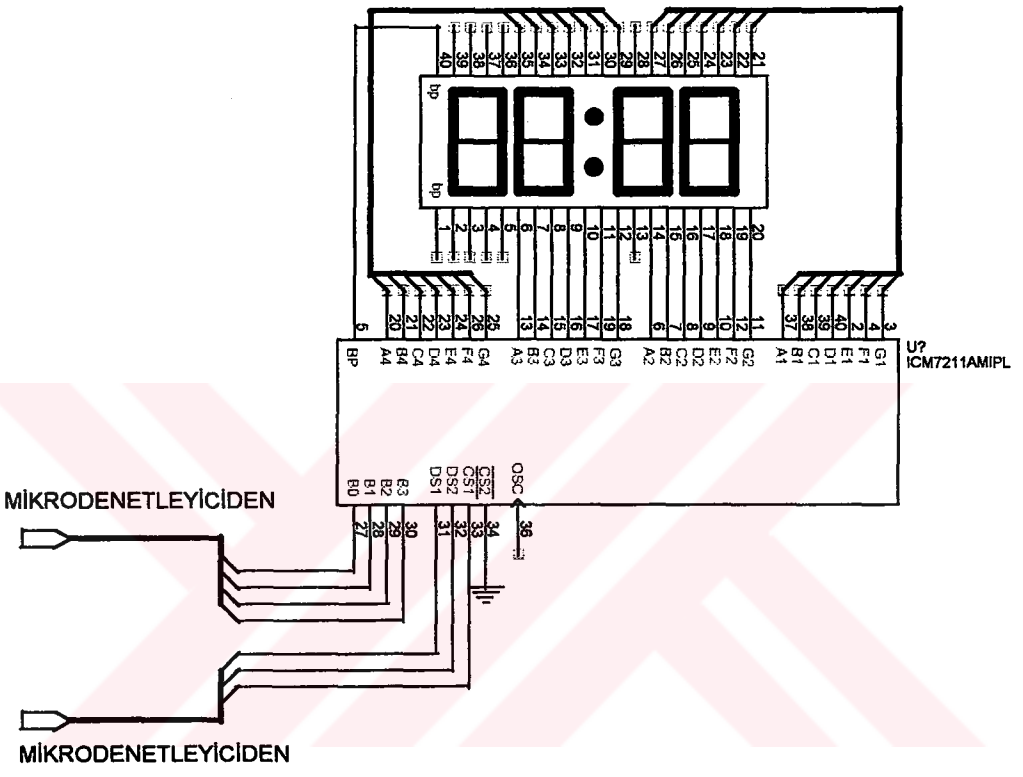
2 nolu anahtarı kapattığımızda, X_3 çıkış verinceye kadar anahtar çıkış darbesi oluşmaz ve sayıcımız saymasına devam eder. X_3 çıkış verince Y_1 *1* olur ve anahtar çıkış darbesi oluşarak transmisyon anahtarına uygulanır. Transmisyon anahtarı da sayıcıyı kilitler ve flip-flop'lara çıkış verir. Sayıcının bu andaki çıkışı $Q_A=0$, $Q_B=1$, Q_C, Q_D, *ve* $Q_E=0$'dır. Bu anda *2* nolu flip-flop'un *D* girişi *1* olduğundan, oluşan saat darbesiyle iletime geçer. Bu durumda sistemin ikili çıkışı *00010*'dır. Görüldüğü gibi hangi nolu tuşa basarsak basalım sistemin ikili çıkışı o sayıya eşit olur [24].

3.4 LCD Sürücü Devre

Şekil 3.8 de LCD sürücü entegresinin (ICM7211AM) mikrodenetleyiciye bağlantısı görülmektedir.

Mikrodenetleyiciden gelen 4 bitlik veri 7211'in B3, B2, B1 ve B0 girişlerine gelir. Bunlardan başka $\overline{CS}$, DS1 (Digit Select1) ve DS2 sinyalleri de

gönderilmektedir. $\overline{CS}$ (chip select) sinyali toprak seviyesinde iken 7211 aktif durumdadır. DS1 ve DS2 sinyalleri kullanılarak LCD için her bir segmentin ayrı ayrı seçimi yapılır.

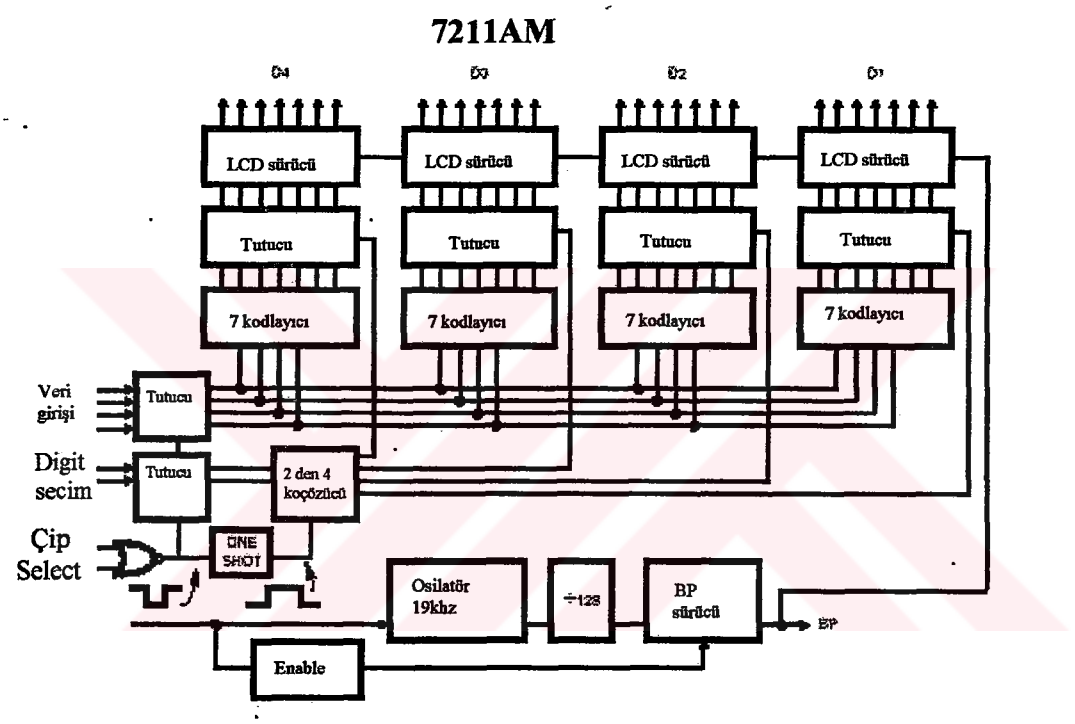


Şekil 3.8 LCD sürücü devresi

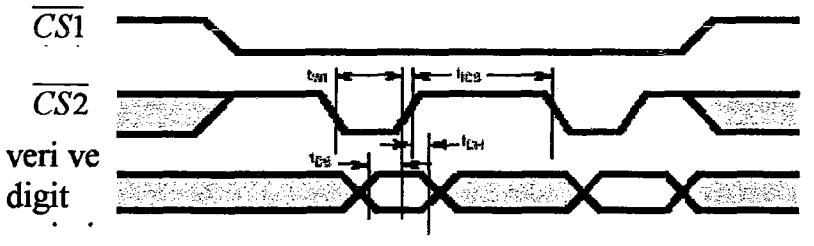
Şekil 3.9 da entegrenin iç yapısı görülmektedir. Gelen veriler 7211'in tutucusunda tutulur. $\overline{CS}$ ile seçim gerçekleştiğinde veriler dörtten yediye dönüştüren kod çözücüye gönderilir.

Kod çözücünün çıkışında bulunan tutucu ise bu verileri digit seçiminden (DS1 ve DS2) gelen komuta göre LCD sürücüye aktarır. LCD'lerin senkronizasyonlu çalışabilmesi için BP (Back Plane-Arka Plan) sinyali üretilir.

Dört karakter için tek bir BP sinyali vardır. BP sinyali (serbest çalışan) osilatörden elde edilen 16KHz lik kare dalganın 128'e bölünmesiyle elde edilir. Bu osilatörün ucu (36. Bacak) toprağa bağlanırsa osilatör sinyali ve aynı zamanda BP sinyali iptal edilir. Bu yüzden osilatörün ucu ya boşta (floating) bırakılmalıdır yada 22-100pF arası bir kondansatörle +V'e bağlanmalıdır.



Şekil 3.9 Display'ın blok diyagramı



Şekil 3.10 7211'e ait zamanlama diyagramı

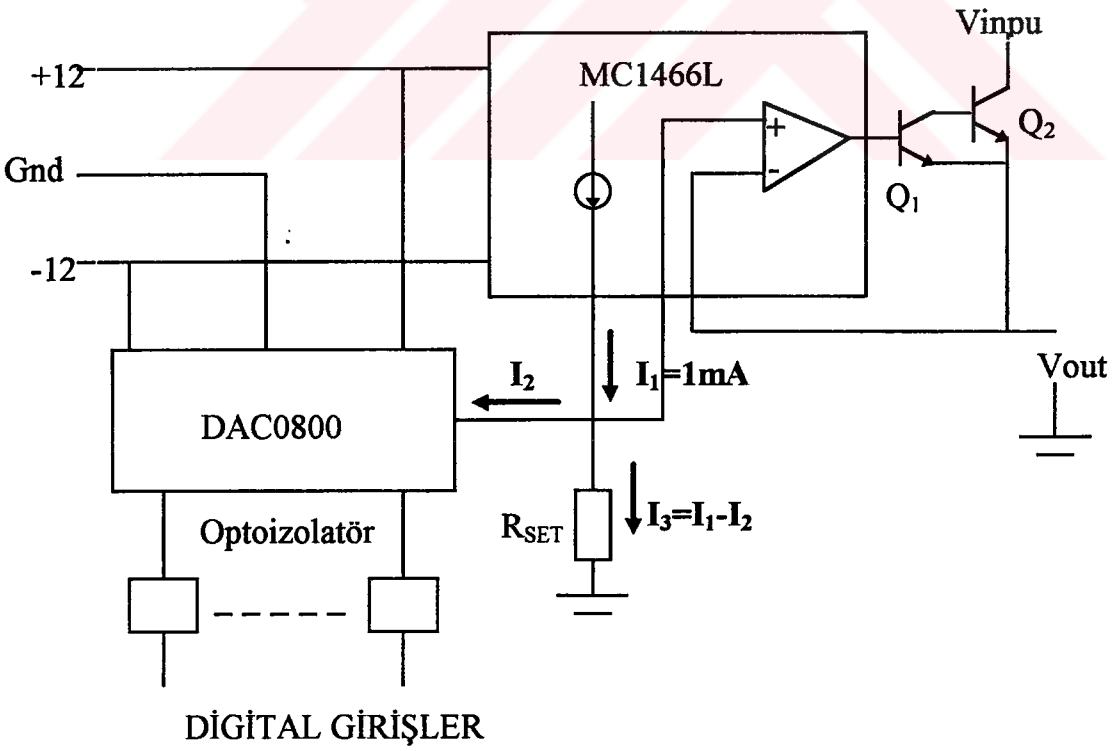
. Digitler seçilirken kullanılan LCD adresleri Çizelge 3.3 de verilmiştir [25].

Çizelge 3.3 Digitler seçilirken kullanılan LCD adresleri

DS2 (Digit Select 2)	DS1 (Digit Select 1)	Seçilen LCD Digit
0	0	D4
0	1	D3
1	0	D2
1	1	D1

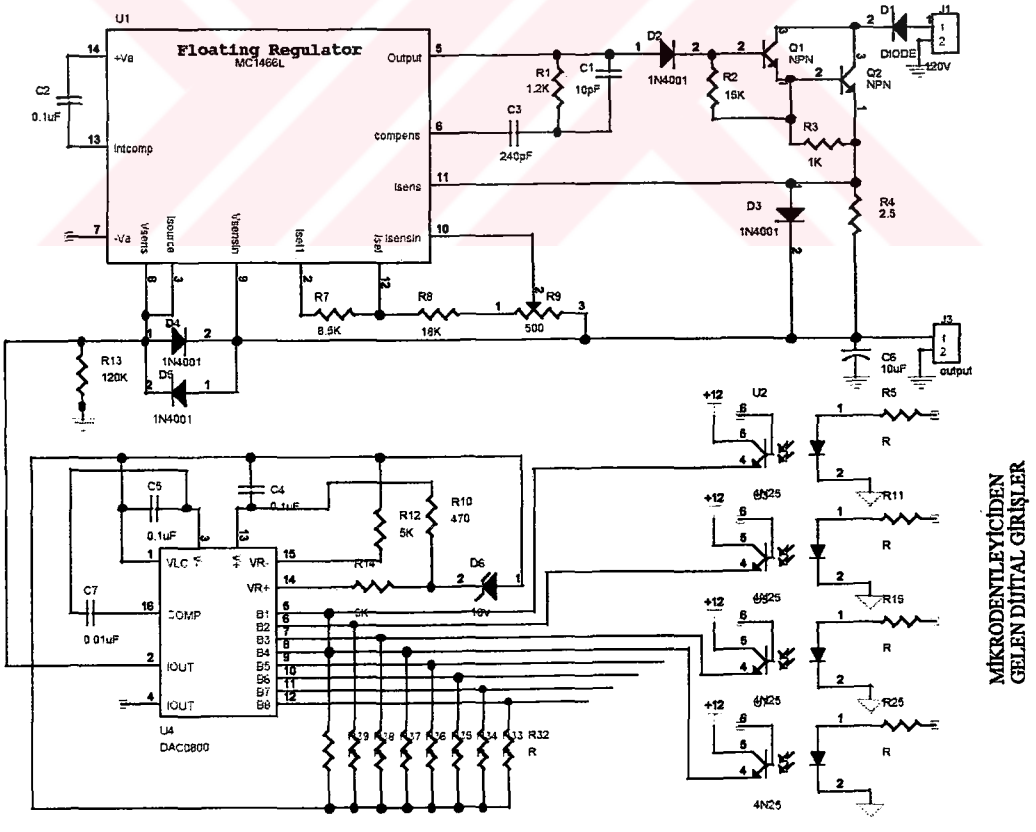
Şekil 3.10 de 7211'e ait zamanlama diyagramları görülmektedir. Yukarıdaki diyagramdan da anlaşılacağı gibi $\overline{CS1}$ veya $\overline{CS2}$ ucu toprak seviyesine getirilirken geriye kalan diğer uç ise veri girmeden önce pozitife getirilir. Veri girildikten sonra toprağa getirilir (pozitif kenar tetiklemeli).

3.5 Dijital Güç Kaynağı



Şekil 3.11 Dijital güç kaynağının blok diyagramı

MC1466L voltaj değişimi geniş bir oranda ayarlanabilen floating regülatör entegresidir. Çıkıştaki gerilim değerine bağlıdır. Çıkıştaki regülasyon %0.03 dür. Kısa devre korumalıdır. Yardımcı kaynak voltajı V_{aux} , çıkıştaki yüksek voltajdan izolelidir. MC1466L regülatörün akım kaynağı 1 mA sabit (0.8 mA ile 1.2 mA arasında değiştirilebilir.) akım üretir. R_{SET} direnci çıkıştaki maksimum gerilime göre belirlenmelidir. Bu yüzden çıkıştaki maksimum 120 V'luk bir gerilim için 120 kΩ olarak seçilir. Bu gerilimin ayarlanması R_{SET} direncinin potansiyometre olarak kullanılarak sağlanır. Bu devrede ise dijital olarak ayar için DAC0800 kullanılmıştır. DAC0800 entegresi girişinden verilen dijital bilgiye göre I_{OUT} çıkışındaki çekilen akım değişecektir. Dijital/ analog konvertör tarafından çekilen I_2 akımının artmasıyla $I_L=I_1-I_2$ akımı azalacaktır. Bu durumda $V_{OUT}=I_L.R_{SET}$ gerilimi azalacaktır.



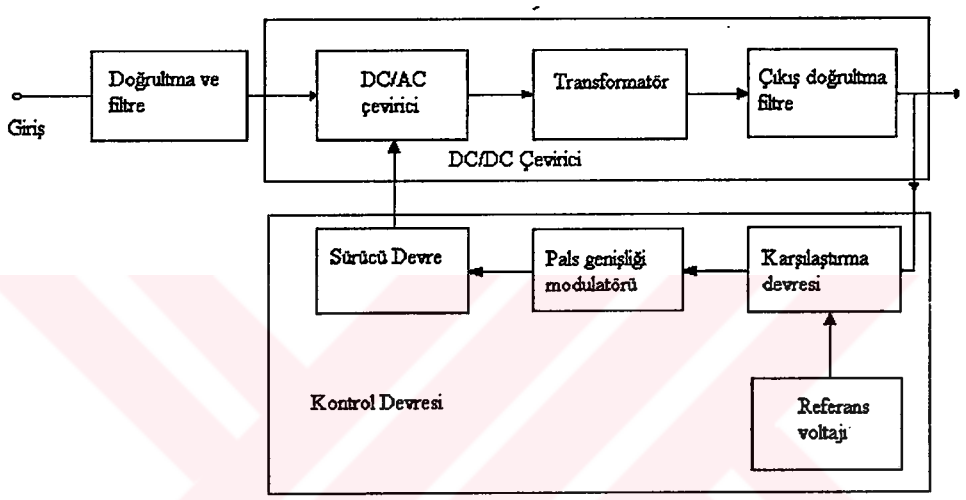
Şekil 3.12 Dijital güç kaynağının devre şeması

Dijital bilgiler bir optoizolatör üzerinden verilmiştir. I_2 akımının maksimum değeri 1 mA olduğundan DAC0800'ün V_{REF} değeri 10 V ve R_{ref} değeri ise 10 kΩ olarak seçilmiştir. Buna göre maksimum değer referans akımı 1 mA olacaktır. 1 mA'lik referans akımını devredeki R_7 direnci sağlarız. Çıkıştaki maksimum akım ise R_4 direnci (I_{MAX}=250mV/R4) ile sağlanır. R_9 potansiyometresi ise çıkış akımının 0 ile I_{MAX} arasında ayarlayar. Devrede kullanılan diyotlar ise kısa devre esnasında veya bazı geçici durumlarda gerekli korumayı sağlar. Çok alçak çıkış gürültüsü olan uygulamalarda isteğe bağlı olarak R_{13} direncine paralel bir kondansatör (0,1 - 2 μF arası) bağlanabilir. D_3 diyodu çıkışın kısa devre olması ve aynı zamanda geçiş transistörünün yokluğunda MC1466'yı korumak için tavsiye edilir. R_1, C_1 ve C_3 elemanları dengeleme için kullanılır. Bununla beraber Q_1 ve Q_2 tranistörlerinin fτ değeri 0.5 Mhz'den büyükse C_1 ihmal edilebilir. Çıkıştaki C_6 kondansatör akıma bağlı olarak seçilir. (C_6=100 μF . I_{MAX}(A)) Bu durumda 100 mA'lik bir akım değeri için 10 μF bulunur. C_2 kondansatörü MC1466 'ın iç dengelenmesi için gereklidir. D3 diyodu giriş voltajına bağlı olarak seçilmelidir. Ortalama bir regülasyon için 5 nolu bacağın çıkışındaki akım 0.5 mA aşmamalıdır. Bu nedenle Q1 ve Q2 transistörlerin durumu $\frac{I_{MAX}}{hfe_{1_{MIN}} . hfe_{2_{MAX}}} \leq 0.5mA$ 'e göre seçilmelidir [26].

3.6 Anahtarlamalı Güç Kaynağı

Şekil 3.13'de anahtarlamalı güç kaynağının blok diyagramı görülmektedir. Devre, giriş doğrultma bloğu, DC\DC çevirici ve anahtarlamayı kontrol eden devreden oluşmaktadır. Doğrultma devresinde, alternatif giriş voltajı diyot ve kondansatörler kullanılarak doğrultulur. DC/DC çevirici devresinde doğrultulmuş voltaj, anahtarlama frekansında kıyılır (chop). Bu devrede anahtarlamalı güç kaynağının kullanmasının en büyük nedeni şebeke ile daha iyi bir izolasyon sağlamasıdır. Transformatör çıkısında, kıyılan voltaj arzu

edilen seviyeye getirilir. Transformatör çıkısındaki voltaj diyodlar tarafından doğrultulur. Bu voltaj üzerinde yüksek frekanslı dalgalanmalar mevcuttur. Kondansatör yardımı ile bu dalgalanmalar süzülür ve çıkışta regülasyonlu doğru gerilim elde edilir.

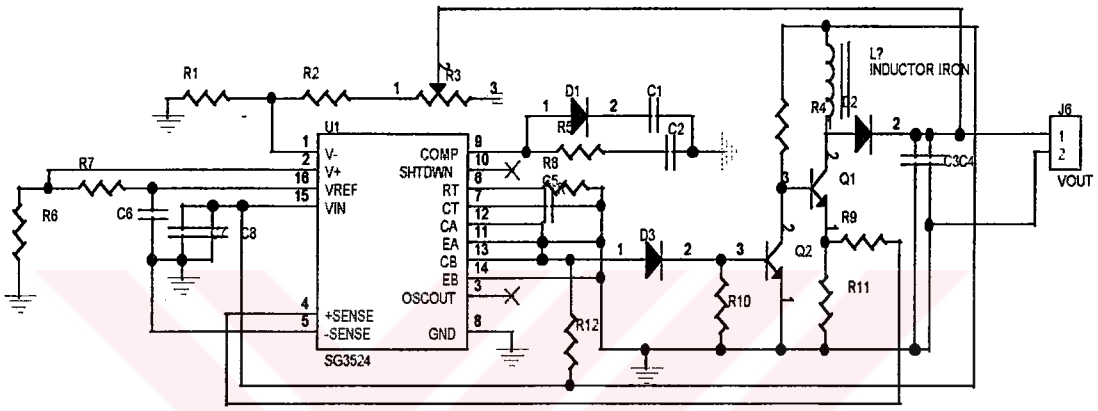


Şekil 3.13 Anahtarlamalı bir güç kaynağının blok diyagramı

Bu işlemler olurken kontrol devresi, çıkış voltajı ile kendi ürettiği referans voltajını kontrol eder. Her iki voltaj arasındaki farkla orantılı olarak bir hata sinyali üretir. Bu sinyal, DC/AC çevirici çıkışındaki darbenin genliğini kontrol eder. Böylece çıkıştaki yük ve girişteki şebeke voltajındaki değişmelerin sebep olduğu çıkış voltaj değişmesi, kontrol devresi tarafından algılanır ve düzeltilir [27].

Bir boost regülatör, çıkış gerilimini bir transformatör olmaksızın yükselir. Tek bir transistör kullanılır ve çok verimlidir. Giriş akımı devamlıdır. Bununla beraber yüksek tepe akımı güç transistörü üzerinden akar. Darbe süresi (k) değişimine giriş gerilimi çok duyarlıdır ve regülatör zor kararlı hale

getirilebilir. Çıkış akımının ortalama değeri, (1-k) faktörü tarafından meydana getirilen bobin akımının ortalama değerinden daha düşüktür. Yüksek rms akım filtre kondansatörü üzerinden akabilir. Kullanılan filtre kondansatörü ve bobini, buck regülatörde kullanılandan büyük olmalıdır.



Şekil 3.14 Gerilim yükseltici anahtarlamalı güç kaynağı

R_8 ve C_5 elemanları devrenin frekansını ayarlar. Entegrenin 12 ve 13 nolu uçlarından elde edilen PMW sinyali Q_1 transistörü yardımıyla terslenir. Birinci durumda Q_2 transistörü t=0 anında iletimde olmasıyla başlar. Giriş akımı tetiklenerek L bobinin ve Q_2 transistörünün üzerinden akar. İkinci durumda Q_2 transistörü t=t1 anında kesime olmasıyla meydana gelir. Ve akım L bobini ve C_3 kondansatörü, yük ve D_2 diyodu üzerinden akar. Bobin akımı bir sonraki saykılda Q_2 transistörünü tekrar iletime oluncaya kadar azalmaya devam eder.

Çıkış gerilimi R_3 potansiyometresi yardımıyla ayarlanır. Akım sınırlaması ise R_{11} direnci üzerinde düşen gerilime bağlı olarak ayarlanır ve bu uç entegrenin 4 nolu ucundan alınmıştır[27].

4. SİSTEMİN YAZILIMI

Şekil 4.1 de Ana program başlıkları görülmektedir. Mikrodenetleyici sıfırlandığı anda başlangıç adresi olan INIT (0040) nolu adrese dallanır. INIT alt başlığı altında RAM'da yer alan adresler sıfırlanmaktadır. Daha sonra Tuş takımı alt programına gider. Bu alt programda girilen değerleri frekans, darbe süresi ve genliğe ait RAM de bulunan adreslerine yerleştirir.

Bu alt programın içerisinde ise her bir rakam değeri için Display alt programı çalışacaktır. Bütün frekans, voltaj ve darbe süreleri girildikten sonra start tuşuna basılır. Bu andan sonra Hesaplama alt programı çalışmaya başlar. Program aracılığıyla gerekli hesaplamaları yaptıktan sonra hesaplanan değerleri kullanmak üzere Zamanlama alt programı çalışmaya başlayacaktır.

Şekil 4.2 de Tuş takımı alt programı görülmektedir. Kullanılan tuş takımı sürücüsü heksadesimal çıkış veren bir entegredir. Bu nedenle 0,1...9 rakamları dışında kullanılan A,B,C,D,E,F rakamları ise sırasıyla şu görevleri almaktadır: Darbe süresi, frekans, enter, start, clear ve voltaj tuşları olarak kullanılmıştır. Buna göre mikrodenetleyici bizden darbe süresi, frekans, start, ve voltaj tuşlarının herhangi birine basmamız için bir emir bekler.

Frekans tuşuna basıldığı anda daha önceden girilen sayı yoksa LCD de 000 görülecektir. Mikrodenetleyici bizden frekansın birinci sayısını girmemiz için emir bekleyecektir. Buna göre birinci sayıyı girdikten sonra aynı anda LCD'de girilen rakam en sağda görülecektir. Eğer ilk sayının yanlış girildiğini fark edersek enter tuşuna basılarak geri dönülebilir. Doğru olduğunu emin olduktan sonra ikinci sayı girebilir.

Normal şartlarda frekans değeri en az iki rakamlı olmak zorundadır. İkinci sayıyı da girdikten sonra mikrodenetleyicinin enter tuşuna basılır veya üçüncü sayıyı girmemiz için tekrar emir bekler. Eğer ilk iki değer bizim için yeterliyse

enter tuşuna basılarak programın ilk başına dönülebilir. Değilse üçüncü sayıyı girdiğimizde program otomatik olarak enter tuşuna basılmış gibi programın başına dönecektir. Programın başına döndükten sonra diğer değerleri de girmemiz için bizden tekrar emir bekleyecektir.

Voltaj tuşuna basıldığı anda daha önceden girilen değer yoksa LCD de 00 görülecektir. Daha sonra mikrodenetleyici voltajın ilk sayısının girilmesi için emir bekler. İlk sayı değeriyle istenilen değere ulaşılmış ise enter tuşuna basılmalıdır. Değilse ikinci sayı girilmelidir. İkinci rakamdan sonra otomatik olarak enter tuşuna basılmış şekilde programın başına dönecektir.

Darbe süresi tuşuna basıldığı zaman eski değerini LCD de gösterdikten sonra, bizden ilk rakamı girmek için emir bekleyecektir. İlk sayıyı girdikten sonra, istenilen sayıya ulaşılmışsa enter tuşuna basılmalıdır. Değilse ikinci sayı da girilmelidir.

Clear tuşu; frekans, voltaj veya darbe süresi tuşlarının herhangi birine basıldıktan sonra daha önceden girilen değeri temizlememizi sağlar.

İstenilen değerler girildikten sonra kontrol için frekans, darbe süresi ve voltaj tuşlarına tekrar basıldığında eski değerleri görülecektir.

Şekil 4.3 de Display alt programı görülmektedir. Display alt programı display entegresinin (7211) özelliklerine göre yazılmıştır. Display sürücü entegresi kenar tetiklemeli olarak çalışmaktadır. Bunun için programda entegrenin $\overline{CS}$ ucuna bağlı olan port ilk önce set (Vcc'ye çekilir) edilir. Daha sonra gönderilecek olan veri gönderilir. Veri gönderildikten hemen sonra $\overline{CS}$ ucu Clear (Gnd'ye çekilir) edilmelidir.

Yeni basılan her rakam LCD nin en sağında görülecektir. Daha önce girilen rakam ise sağa doğru kayacaktır. Burada ayrıca her dijitin seçimi DS1 ve DS2 uçları ile yapılır.

Frekans,darbe süresi ve voltaj değerleri girildikten sonra start tuşuna basılır ve gerekli hesaplamaları yapmak üzere Hesaplama alt programına gidilecektir. Şekil 4.5 de bu Hesaplama alt programına ait blok diyagram görülmektedir.

İlk başta girilen rakamların frekans, darbe süresi ve voltaj için gerçek değerleri hesaplanır.

Fdeğer=Fsayı1*100+Fsayı2*10+Fsayı3

Vdeğer=Vsayı1*10+Vsayı2

Ddeğer=Dsayı1*10+Dsayı2

Voltaj değerinin elde edilmesi çok basittir, hesaplanan değer hiçbir değişikliğe uğratmadan çıkışa aktarılır.

Ancak en büyük sorun ise frekans ve darbe süresinin elde edilmesidir. Çünkü mikrodenetleyici içindeki Zamanlayıcı-0 (Timer)'a yazılan değerler (TH0, TL0) periyot cinsinden olması gerekmektedir. Girilen değer ise frekans cinsinden olduğu için girilen değerin periyoda dönüştürülmesi gerekir.

Mikrodenetleyici içindeki Zamanlayıcılar yukarı sayıcı (up counter)dır. Yani verilen değerden 65535(FFFF) e kadar sayacaktır. Buraya yazılan değer şu şekilde hesaplanmaktadır:

12 MHz'lik kristal kullanıldığı için 1 makine çevrimi 12 osilatör periyodudur.

1 makine çevrim süresi=$12\left[\frac{1}{12.10^{6}}\right]=1.10^{-6}$ sn (1μsn) dir.

Buna göre hesaplamalar genel olarak aşağıdaki gibi olacaktır.

Peryot=1.10^6 /Fdeğer

Tüm_zaman=65535-Peryot

Duty_yüzde=Tüm_zaman*Ddeğer/100

(TH0,TL0)=65535-Duty_yüzde 1.Zamanlayıcıya girilen değer

(TH1,TL1)= Tüm_zaman - (TH0,TL0) 2. Zamanlayıcıya girilen değer

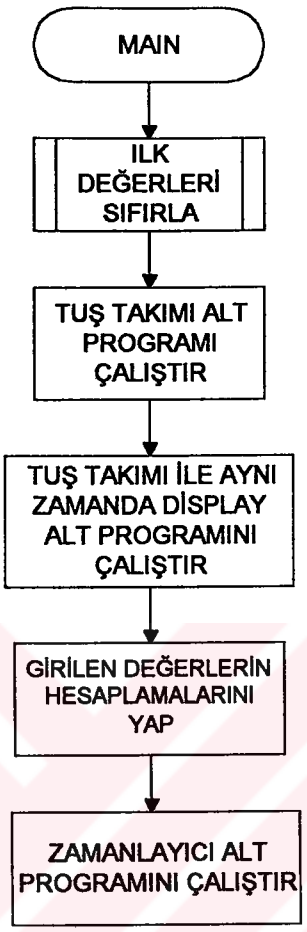
Yukarıdaki hesaplamaların genelde 16 Bitlik olması, 8 Bitlik Mikrodenetleyicide programın çok uzun olmasına neden olmaktadır.

Şekil 4.5 de Zamanlayıcı alt programı görülmektedir. Zamanlayıcı alt programında ilk önce çıkış portu set (Vcc'ye çekilir) edilir. TH0 ve TL0 değeri mikrodenetleyicinin zamanlayıcısına0 (Timer0) yazılır.

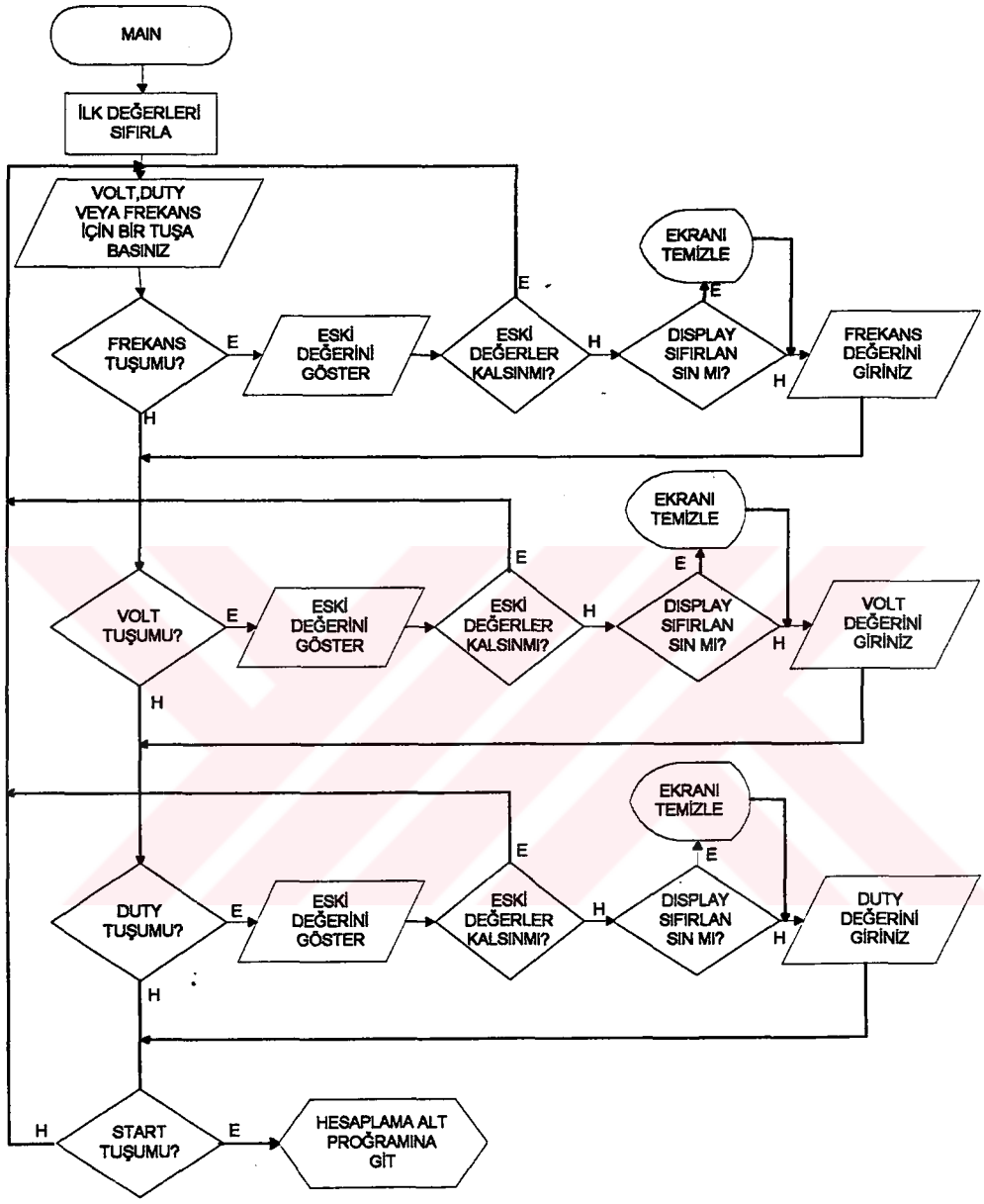
Zamanlayıcının çalışması için start verildiğinde (TR0=1), girilen değerden yukarı saymaya başlar. En büyük değer 65535 ulaştığı anda TF0 bayrağını etkileyecektir. Bu anda zamanlayıcı0'ın çalışması durdurulur ve çıkış portu Clear edilir. Bu işlem sonunda diğer TH1, TL1 değerleri zamanlayıcı1'e girilir. Yüklenen değerden yukarı doğru saydıktan sonra 65535'e ulaştığı anda TF1 bayrağını set edecektir. Bu anda çıkış ilk duruma tekrar gelecektir. Böylece bu işlemi bir döngü içerisinde yaparak kare dalga pals elde edilmiştir.

Zamanlayıcı0'ın durdurulup zamanlayıcı1'in çalışmaya başlamadan önceki arada ise mikrodenetleyici stop tuşuna basılıp basılmadığını test edecektir. Stop tuşuna basıldığı anda ise bütün işlemleri durdurup programın ilk başına (INIT) gidecektir.

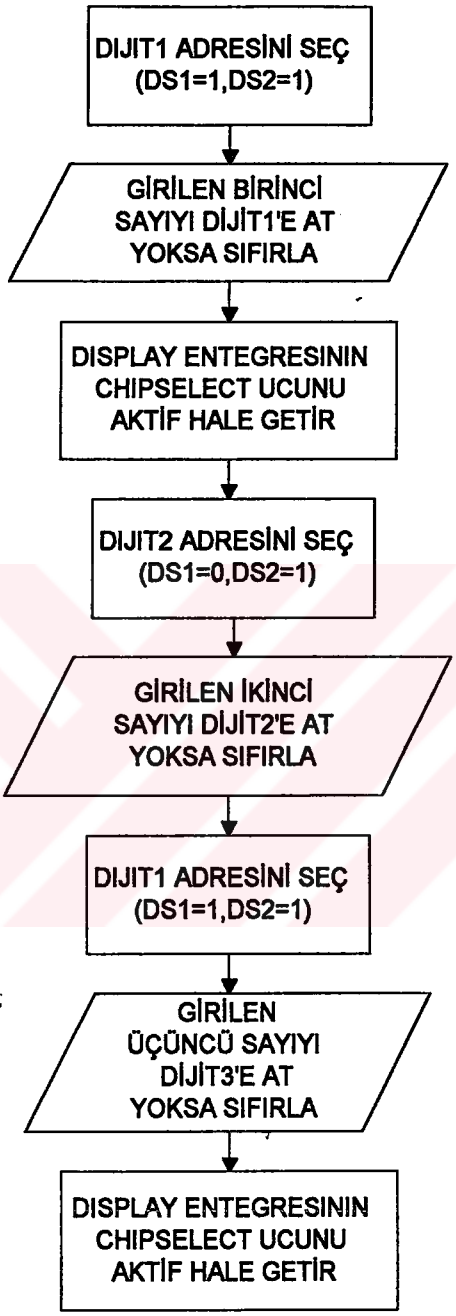
INIT kısmında RAM de yer adresler sıfırlanmaktadır. eğer stop'a basıldığı zaman sıfırlama yapılması istenmiyorsa programı MAIN adresine gönderilebilir.



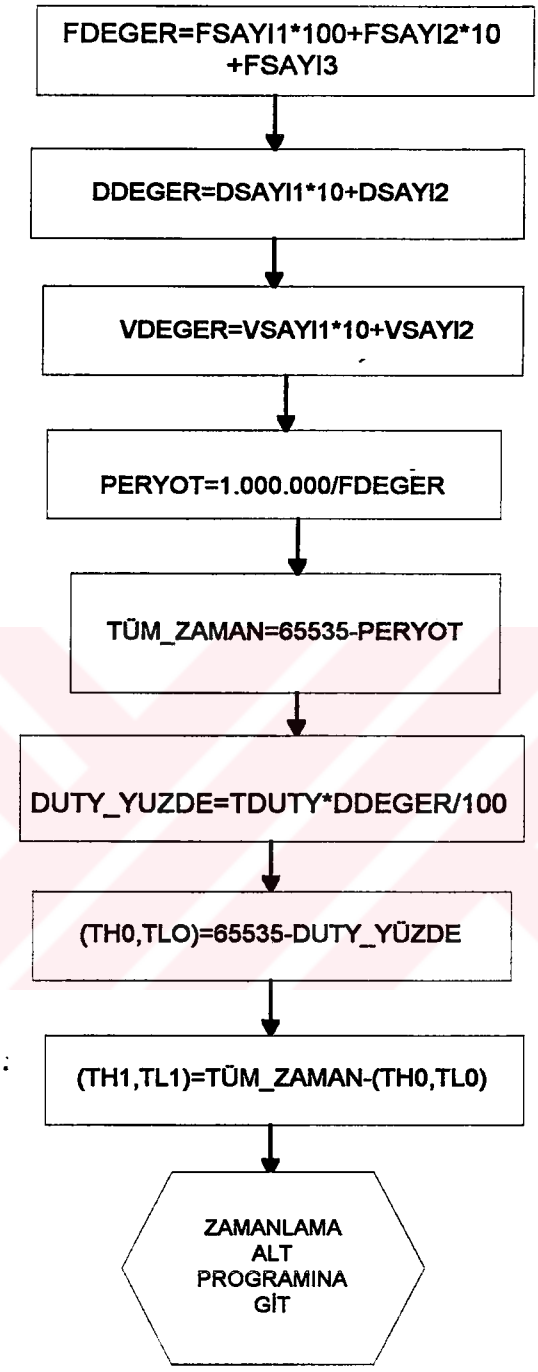
Şekil 4.1 Program içerisinde yürütülen ana program başlıkları



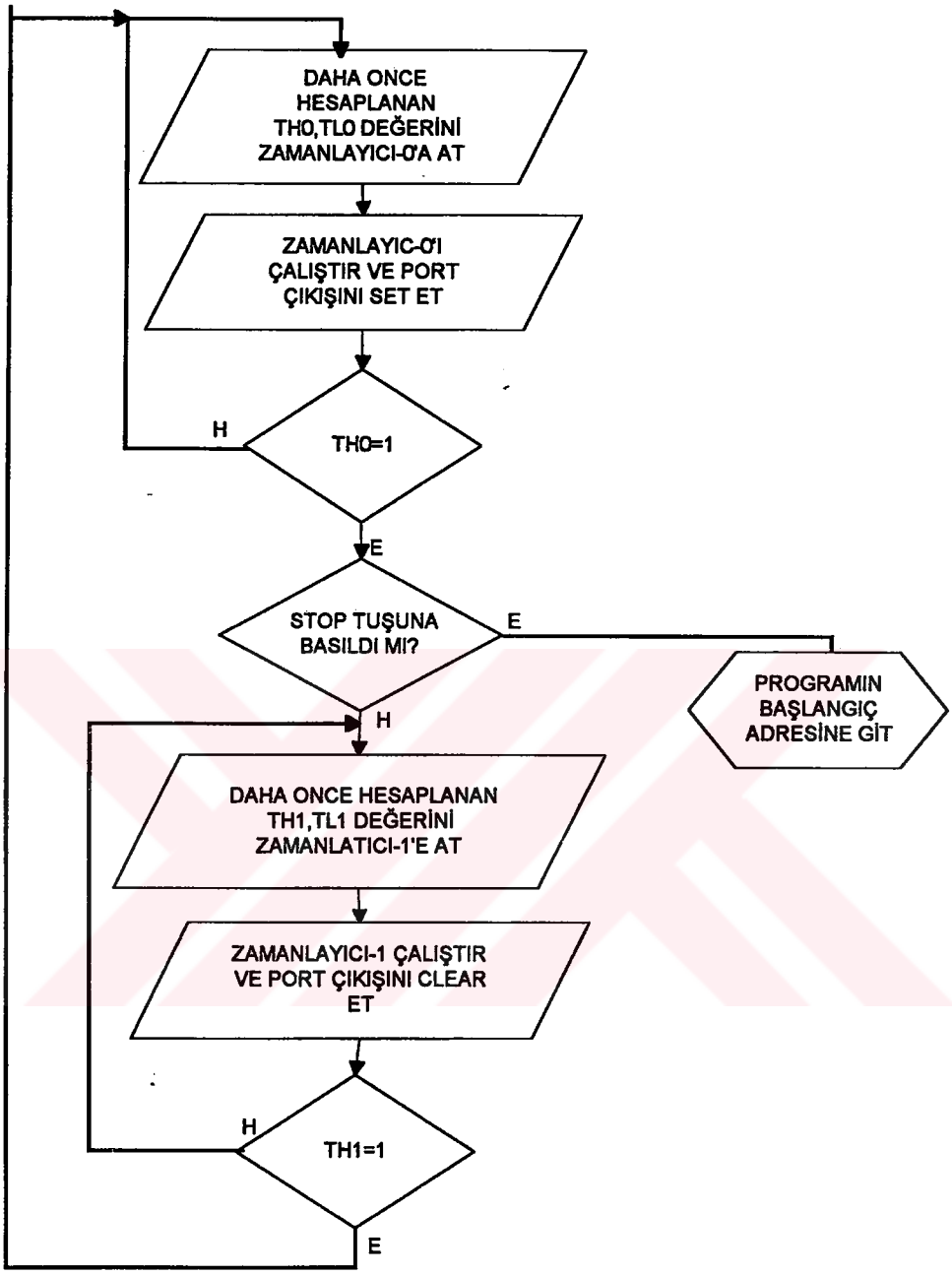
Şekil 4.2 Tuş takımı alt programı



Şekil 4.3 Display alt programı



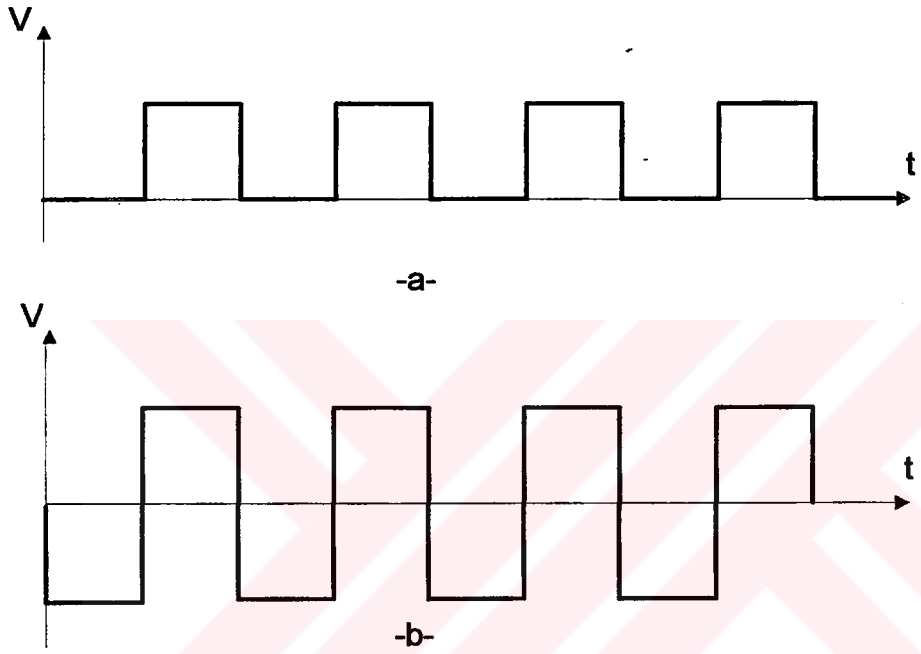
Şekil 4.4 Hesaplama alt programı



Şekil 4.5 Zamanlayıcı alt programı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada mikrodenetleyici kontrollü stimülatör cihazı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Stimülatör cihazı istenen frekans, darbe süresi ve genlikte kare dalga sinyaller üretmektedir. Bununla ilgili dalga formları Şekil 5.1 de görülmektedir.



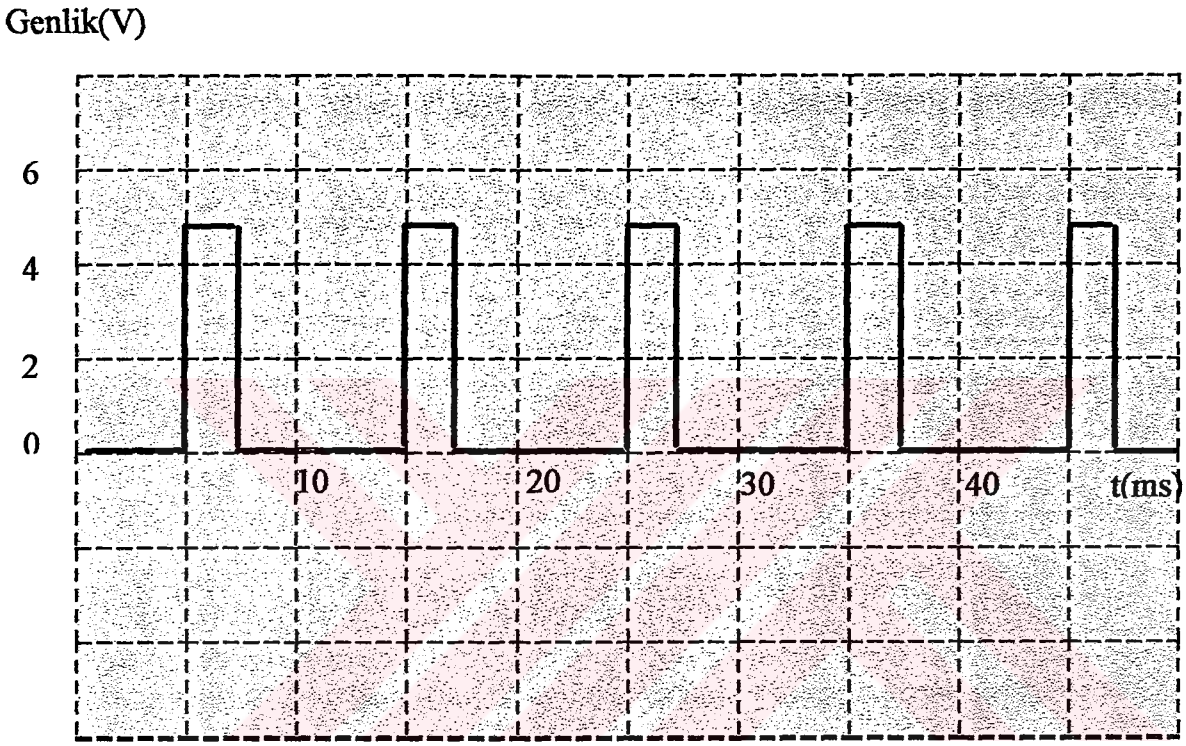
Şekil 5.1 a- monofazik dalga formu b- bifazik dalga formu

Stimülatör cihazı çıkışında elde edilen programlanabilme parametreleri Çizelge 5.1 gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Kullanıcı tarafından değiştirilen parametre aralıkları

Parametreler	Minimum	Maksimum	Artış
Darbe periyodu	3.3 ms	100 ms	3.3 ms
Darbe süresi	0.02 ms	99 ms	0.02 ms
Darbe genliği	1 V	120 V	1 V

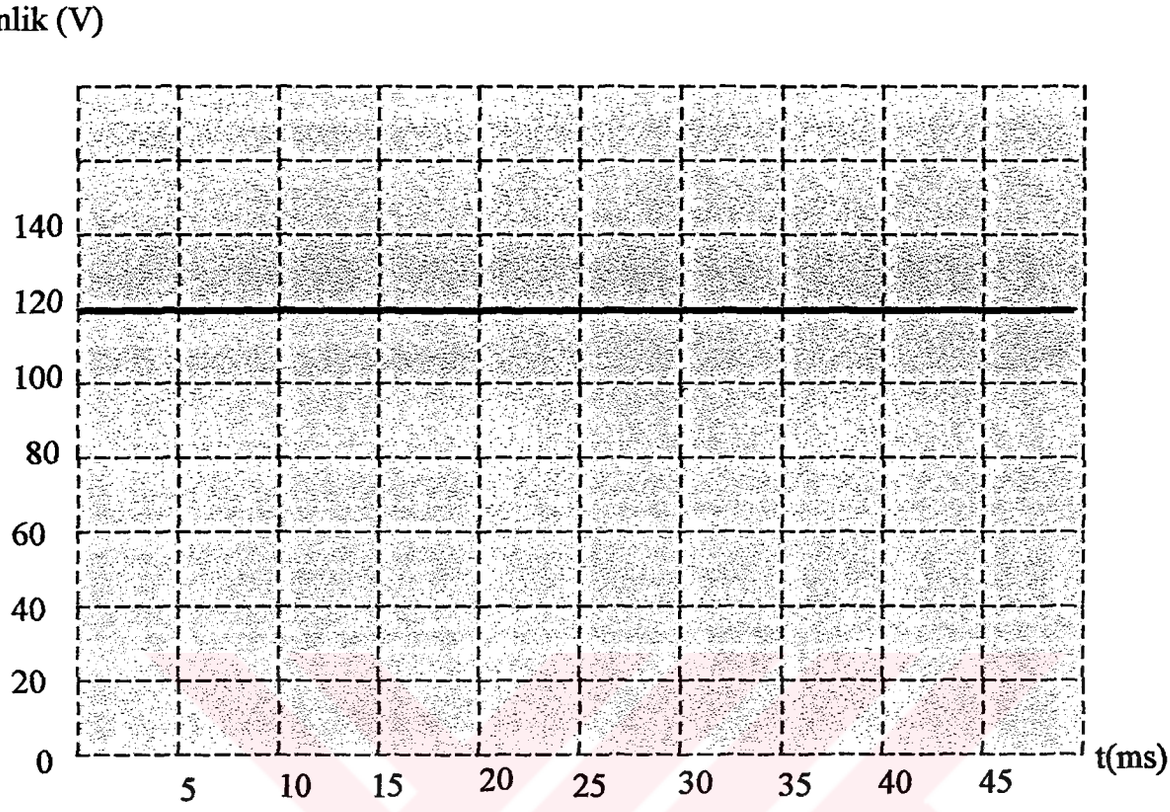
Örnek değerler olarak tuş takımından frekans değeri 100 Hz, darbe süresi değeri %25 ve voltaj değeri 75 V girilmiştir. Bu değerlere göre çıkışta elde edilecek sinyale ulaşıncaya kadar ki her bir dalga formlarındaki değişimleri inceleyelim.



Şekil 5.2 Mikrodenetleyici çıkışındaki dalga formu

Mikrodenetleyicinin çıkışında (28 nolu uç) Şekil 5.2 deki dalga formu görülecektir. Mikrodenetleyicinin beslemesi (Vcc) +5 V olduğundan çıkışındaki kare dalganın genliği de 0 ile +5 V arasında olacaktır.

Dalga formundaki frekans ve darbe süresi bilgileri istenildiği gibi elde edilmiştir. Fakat sinyalin gerekli genlik değerine yükseltilmesi gerekmektedir Bunun için devrede DC/DC konvertörle beraber çalışan dijital güç kaynağı kullanılmıştır.

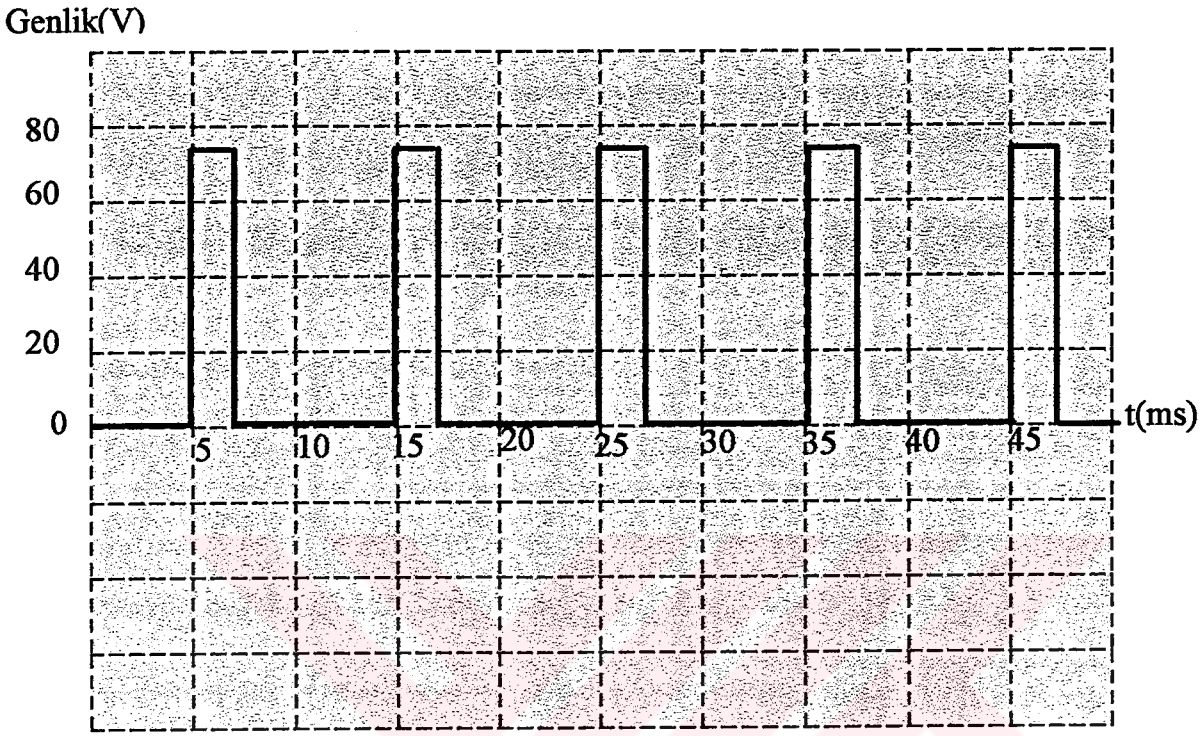


Şekil 5.3 DC/DC konvertör çıkışındaki DC sinyal

Dijital güç kaynağı için sabit 120V gerilim gerekmektedir. Bu gerilim ise DC/DC konvertörle sağlanır. 0.3V kadar bir dalgalılık mevcuttur. Bu yüzden dalgalılık oldukça düşüktür. Buda 120 V gibi yüksek bir değerde dalgalılık fark edilmemektedir. Bu durum Şekil 5.3 de açıkca görülmektedir.

Girilen voltaj değeri 75 V olduğundan mikrodenetleyiciden optoisolator uçlarına 1001011 binary bilgisi gelecektir. Bu durumda DAC0800 çıkışından 0.37 mA akım çekecektir. Normalde direnç üzerinden 1 mA akım geçerken, bu andan itibaren 1-0.37=0.63 mA akım geçecektir. Sabit 120 kΩ'luk direnç üzerinde 120x0.63=75 V gerilim düşecektir.

Bu sabit gerilim anahtarlanmak üzere optoizolatör üzerine uygulanır. Bu durumda çıkış Şekil 5.4 deki gibi olacaktır.



Şekil 5.4 Devrenin çıkışında istenilen frekans, darbe süresi ve voltaj değerine sahip dalga formu

Yapılan stimülatör cihazı girilen frekans, darbe süresi ve voltaj değerlerinde kare dalga sinyaller üretir.

Bu çalışmada içinde EEPROM bulunduğundan mikrodenetleyici olarak 89C52 (Atmel firmasına ait) tercih edilmiştir. Bu özellik ana programın oluşmasında büyük kolaylık sağlamıştır.

Stimülatörden girilen darbe süresi değeri % olarak ifade edilmiştir. Sayısal olarak girildiğinde istenmeyen durumlar olabilmektedir.

Örneğin frekans olarak 100 Hz (10 ms) girildiğini düşünelim. Bu sinyalin minimum darbe genişliği 0.1 ms ve maksimum darbe genişliği 9 ms olacaktır.

Halbuki, bu durum düşünülmeden darbe genişliğini sayısal olarak 20 ms girildiğinde, bu değeri vermesinin imkansız olduğu görülecektir.

Yazılım kısmında da bahsedildiği gibi mikrodenetleyici, çıkıştaki dalga formunu, zamanlayıcıya (Timer) girilen değerin FFFF'e ulaştığı anda bir portu SET ve CLEAR etmesiyle sağlar. Zamanlayıcıya girilen değer saniye cinsinden olmalıdır. Ancak Tuş takımından girilen değer Hertz cinsindendir. Bu değerin ise saniyeye çevrilmesi gerekir. Çevrilme işlemi çok karmaşık hesaplamalar gerektirmektedir. Kullanılan hesapların sonucu, bölmelerdeki kalanların kullanılamamasından dolayı çok hassas olmamaktadır. Bu yüzden frekans değerlerinde çok az kaymalar olabilmektedir. Bu kayma girilen frekans değerine göre %0.1 ile %1 arasında değişmektedir. Potansiyometre ile yapılan ayarlardaki hassasiyete göre bu kayma göz önüne alınmaz.

Tuş takımını kullanmak için Tuş takımı sürücü entegresi kullanılmış ve böylece kolay bir donanım ve yazılım gerçekleştirilmiştir.

Ara değerler tuş takımından girilemediği için çıkışlar tam sayı olmaktadır. Bu cihazın daha geliştirilmesi amacıyla içinde PMW bulunan 83752 entegresi kullanılabilir. Bu durumda program daha kısaltılabilir.

KAYNAKLAR

1. Geddes L. A., 1994, The First Stimulators, **IEEE Engineering in Medicine and Biology**
2. Pehlivan F., Biyofizik, 1997, Hacettepe-Taş, Ankara
3. Noyan A., Fizyoloji, 1993, Meteksan, İstanbul
4. Cromwell L., Weibel F. J. ve Pfeiffer E. A., 1982, Biomedical Instrumentation and Measuruments, Prentice-Hall, New Jersey
5. Norman R. A., 1988, Principles of Bioenstrumentation, John Wiley & Sons, New York
6. Fereina H.G. ve Marshal M.W., 1985, Psiophysical Basis of Excibility, Cambridge University Press, Cambridge
7. Aidley W.F., Creeery M. ve Bullano D.B., 1978, Histopologic Evulation of Pronulonged Intacartial Electrical Stimulation, Cambridge University Press, Cambridge
8. Bronzino J. D., 1985, Biomedical Engineering Handbook, Crc Press, Florida
9. Hanpur R. S., 1987, Handbook of Biomedical Instrumentation, Mcgrawhill, New Delhi
10. Zioie B., Nardin D., Cogtilon A. R, ve Najafi K., 1997, A Single Channel Implamantable Microstimulator for FNS, **IEEE Biomedical Engineering**
11. Minzly J., Mizrahi J., Isahov E., Suzak Z. Ve Verbete M., 1993, Computer Controlled Portable Stimulator for Paraplegic Patients, **IEEE Biomedical Engineering**
12. Charles R. D., 1974, Medical Engineering, Year Book Medical Publisers, USA
13. Nashbold, B. S. ve Friedman H., 1972, Dorsal Column Stimulation for Control of Pain, Preliminary Report on 30 Patients, **J. Neurosurg.**
14. Butikofer R. Ve Cowronce P. D., 1979, Electrocutaneous Nerve Stimulation, Stimulus Waveform Selection, **IEEE Biomedical Engineering**

15. Cook W. A. ve Weinstein P. S., 1974, Chronic Dorsal Column Stimulation in Multiple Sclerisos, **Newyork State J. Medicine**

16. Galven J. ve Burzaco J. A., 1976, A New Transcutaneous Stimulation of the Nervous System, **IEEE Med&Biol. Engineering**

17. Brummer S. B. Ve Turner M. J., 1977, Electrochemical Consideration for Safe Electrical Stimulation of The Nervous System With Platinum Electrodes, **IEEE Biomedical Engineering**

18. Webster J. G., 1978, Medical, Instrumentation Application and Design, Printice Hall, Boston

19. Borges C., Ferguson K. Ve Kobetic R., 1989, Communications, **IEEE Biomedical Engineering**

20. Richard H. ve Barnett P. E., 1985, The 8051 Familf of Microcontrollers, Printice Hall, New Jersey

21. Yeralan S. ve Wesley A., 1995, Programming and Interfacing The 8051 Microcontrollers, California

22. Intel Corparation, 1985, Intel 8051 Microcontrolers Databook, USA

23. National Semiconductor Of Cd Catalog, 1997, Techonologies for Moving and Shaping Information, USA

24. Kurtuldu Ş. ve Güler M. A., 1991, Dijital Elektronik, İzmir

25. Intersil Corparation, 1983, Intersil Databook., USA

26. Irving M. G., 1992, Power Supplies, Mcgraw-Hill, USA

27. Kilgenstein O., 1989, Switch Mode Power Supply in Practice, John Wiley&Sons, USA

EKLER

EK-1 : MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ STİMÜLATÖR CİHAZINA AİT ASSEMBLY PROGRAMI

EK-2 : TASARLANAN CİHAZIM TÜM ELEKTRONİK DEVRESİ

EK-3 : TASARLANAN CİHAZDA KULLANILAN ENTEGRE DEVRELERE AİT BİLGİLER

EK-1 : MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ STİMÜLATÖR CİHAZINA AİT ASSEMBLY PROGRAMI

```
;.....
; RAM ADRESLERİNİ BELİRLE
;.....
DIJIT1 EQU 49
DIJIT2 EQU 50
DIJIT3 EQU 51
TUSAREA EQU 52
FSAY1 EQU 53
FSAY2 EQU 54
FSAY3 EQU 55
FDEGER EQU 56
DSAY1 EQU 57
DSAY2 EQU 58
DDEGER EQU 59
VSAY1 EQU 60
VSAY2 EQU 61
VDEGER EQU 62
DISPWR EQU 164
DIGSEL1 EQU 165
DIGSEL2 EQU 166
QUIT EQU 167
VDEGIS EQU P1
TLDUTY EQU 63
THDUTY EQU 64
COUNTH0 EQU 65
COUNTL0 EQU 66
COUNTH1 EQU 67
COUNTL1 EQU 68
ENTER EQU 69
TLIMER EQU 70
THIMER EQU 71
THIGH EQU 72
TLOW EQU 73
SONUC1 EQU 74
SONUC2 EQU 75
SONUC3 EQU 76
KALAN1 EQU 77
KALAN2 EQU 78
KALAN3 EQU 79
KAT EQU 80
DSONUC1 EQU 81
DSONUC2 EQU 82
DSONUC3 EQU 83
KUCUK EQU 84
SONUC4 EQU 85
KALAN4 EQU 86
DEGIS EQU 87
DELAY2 EQU 88
THIGH0 EQU 89
TLOW0 EQU 90
THIGH1 EQU 91
TLOW1 EQU 92
STOP1 EQU 93
ONDANKUC EQU 94

;.....
;KEYPAD VE STOP TUŞU İÇİN KESME
PROGRAMI
;.....

ORG 0000H
LJMP INIT
ÖRG 0003H
LJMP KEYPAD
ORG 0013H
LJMP STOP

ORG 0040H
;.....
;İLK DEĞERLERİ SIFIRLA
;.....
INIT:
MOV DIJIT1,#00H
MOV DIJIT2,#00H
MOV DIJIT3,#00H
MOV TUSAREA,#00H
MOV FSAY1,#00H
MOV FSAY2,#00H
MOV FSAY3,#00H
MOV FDEGER,#00H
MOV DSAY1,#00H
MOV DSAY2,#00H
MOV DDEGER,#00H
MOV VSAY1,#00H
MOV VSAY2,#00H
MOV VDEGER,#00H
MOV TLDUTY,#00H
MOV THDUTY,#00H
MOV COUNTH0,#00H
MOV COUNTL0,#00H
MOV COUNTH1,#00H
MOV COUNTL1,#00H
MOV TLIMER,#00H
MOV THIMER,#00H
MOV THIGH,#00H
MOV TLOW,#00H
MOV SONUC1,#00H
MOV SONUC2,#00H
MOV SONUC3,#00H
MOV KALAN1,#00H
```

```
MOV KALAN2,#00H
MOV KALAN3,#00H
MOV KAT,#00H
MOV DSONUC1,#00H
MOV DSONUC2,#00H
MOV DSONUC3,#00H
MOV KUCUK,#00H
MOV SONUC4,#00H
MOV KALAN4,#00H
MOV THIGH0,#00H
MOV TLOW0,#00H
MOV THIGH1,#00H
MOV TLOW1,#00H
MOV STOP1,#00H
MOV DEGIS,#00H
MOV DELAY2,#70
MOV ONDANKUC,#00H
SETB IT0
SETB IT1
MOV IE,#85H
SETB IT0
LCALL DISPLAY
;FREKANS TUSUMU
DON:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ DON
MOV R1,TUSAREA
CJNE R1,#0BH,TUSD1
MOV DIJIT1,FSAY1
MOV DIJIT2,FSAY2
MOV DIJIT3,FSAY3
LCALL DISPLAY
;.....
;EKRANI TEMIZLE
;.....
FDON1:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ FDON1
CJNE R1,#0EH,TUSENT
MOV FSAY1,#00H
MOV FSAY2,#00H
MOV FSAY3,#00H
MOV DIJIT1,#00H
MOV DIJIT2,#00H
MOV DIJIT3,#00H
LCALL DISPLAY
LJMP FDON1
;.....
;EGER YENI SAYI GIRMEK
ISTEMIYORSAN ENTERE BAS
;.....
TUSENT:
CJNE R1,#0CH,FSAYI1
TUSD1:
LJMP TUSD
;.....
;ILK SAYIYI GIR
;.....
FSAYI1:
MOV FSAY1,R1
MOV DIJIT3,R1
MOV DIJIT2,#00H
MOV DIJIT1,#00H
LCALL DISPLAY
;.....
;GIRECEGIN SAYI TEK BIR SAYI ISE
ENTERE
BAS
;.....
FDON2:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ FDON2
MOV R1,TUSAREA
CJNE R1,#0CH,FSAYI2
MOV FSAY2,#00H
MOV FSAY1,#01H
MOV FSAY3,#00H
MOV DIJIT1,FSAY1
MOV DIJIT2,FSAY2
MOV DIJIT3,FSAY3
LCALL DISPLAY
LJMP DON
;.....
;IKINCI SAYIYI GIR
;.....
FSAYI2:
MOV FSAY2,R1
MOV DIJIT2,R1
MOV DIJIT3,FSAY2
MOV DIJIT2,FSAY1
MOV DIJIT1,#00H
LCALL DISPLAY
;.....
;IKI SAYI GIRMEK ISTIYORSAN ENTERE
BAS
;.....
FDON3:
```

```
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ FDON3
MOV R1,TUSAREA
CJNE R1,#0CH,FSAYI3
MOV FSAY3,FSAY2
MOV FSAY2,FSAY1
MOV FSAY1,#00H
MOV DIJIT1,FSAY1
MOV DIJIT2,FSAY2
MOV DIJIT3,FSAY3
LJMP DON
;.....
ÜÇÜNCÜ SAYIYI G˜R
;.....
FSAYI3:
MOV FSAY3,R1
MOV DIJIT3,R1
MOV DIJIT1,FSAY1
MOV DIJIT2,FSAY2
LCALL DISPLAY
LJMP DON
;DUTY ˜□˜N DEGER GIR
TUSD:
CJNE R1,#0AH,TUSV
MOV DIJIT2,DSAY1
MOV DIJIT3,DSAY2
LCALL DISPLAY
;.....
;ISTERSEN DEGERLERI TEMIZLE
;.....
DDON1:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ DDON1
MOV R1,TUSAREA
CJNE R1,#0EH,TUSENT1
MOV DSAY1,#00H
MOV DSAY2,#00H
MOV DIJIT1,#00H
MOV DIJIT2,#00H
MOV DIJIT3,#00H
LCALL DISPLAY
LJMP DDON1
;.....
;DAHA ONCEKI DEGERLERI KORUMAK
ISTIYORSAN ENTERE BAS
;YOKSA ILK SAYIYI GIR
;.....
TUSENT1:
CJNE R1,#0CH,DSAYI1
LJMP TUSV
DSAYI1:
MOV DSAY1,R1
MOV DIJIT1,#00
MOV DIJIT2,#00
MOV DIJIT3,DSAY1
LCALL DISPLAY
;.....
;SADECE BIR SAYI GIRMEK ISTIYORSAN
ENTERE BAS
;.....
DDON2:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ DDON2
MOV R1,TUSAREA
CJNE R1,#0CH,DSAYI2
MOV DSAY2,DSAY1
MOV DSAY1,#00H
MOV DIJIT1,#00H
MOV DIJIT2,DSAY1
MOV DIJIT3,DSAY2
LCALL DISPLAY
LJMP DON
;.....
;IKINCI SAYIYI GIR
;.....
DSAYI2:
MOV DSAY2,R1
MOV DIJIT3,R1
MOV DIJIT3,R1
LCALL DISPLAY
LCALL DON
;.....
;VOLT DEGERLERINI GIR
;.....
TUSV:
CJNE R1,#0FH,START
MOV DIJIT2,VSAY1
MOV DIJIT3,VSAY2
LCALL DISPLAY
;.....
;EKRANI VE DEGERLERI TEMIZLE
;.....
VDON1:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ VDON1
MOV R1,TUSAREA
```

```
CJNE R1,#0EH,TUSENT2
MOV VSAY1,00H
MOV VSAY2,00H
MOV DIJIT1,00H
MOV DIJIT2,00H
LCALL DISPLAY
LJMP VDON1
;.....
;ESKI DEGERLERINI KORU
;.....
TUSENT2:
CJNE R1,#0CH,VSAYI1
LJMP START
VSAYI1:
MOV VSAY1,R1
MOV DIJIT2,#00H
MOV DIJIT3,VSAY1
LCALL DISPLAY
;.....
;ILK DEGERI GIR
;.....
VDON2:
MOV A,IE
ANL A,#01H
JZ VDON2
MOV R1,TUSAREA
CJNE R1 #0CH,VSAYI2
MOV VSAY2,VSAY1
MOV VSAY1,#00H
MOV DIJIT2,VSAY1
MOV DIJIT3,VSAY2
LCALL DISPLAY
LJMP DON
;.....;.....
;IKINCI DEGERI GIR
;.....
VSAYI2:
MOV VSAY2,R1
MOV DIJIT3,R1
MOV DIJIT2,VSAY1
LCALL DISPLAY
LJMP DON
START:
CJNE R1,#0DH,UDON
SJMP HESAPLAR
UDON:
LJMP DON
;.....
;KLAVYEDEN GIRILEN DEGERI RAM'E
AT
;.....
KEYPAD:
MOV IE,#00H
CLR KEYENABLE
MOV A,P0
ANL A,#0FH
MOV TUSAREA,A
MOV IE,#85H
SETB KEYENABLE
RETI
;.....
;GIRILEN SAYIYI EKRANDA GOSTERIR
;.....
DISPLAY:
SETB DISPSEL
SETB DISPWR
SETB DIGSEL1
SETB DIGSEL2
MOV A,DIJIT1
LCALL KAYDIR
CLR DISPSEL
CLR DISPWR
SETB DISPSEL
SETB DISPWR
CLR DIGSEL1
SETB DIGSEL2
MOV A,DIJIT2
LCALL KAYDIR
CLR DISPSEL
CLR DISPWR
SETB DISPSEL
SETB DISPWR
SETB DIGSEL1
CLR DIGSEL2
MOV A,DIJIT3
LCALL KAYDIR
SETB DISPSEL
SETB DISPWR
RET
KAYDIR:
RRC A
MOV P2.0,C
RRC A
MOV P2.1,C
RRC A
MOV P2.2,C
RRC A
MOV P2.3,C
RET
HESAPLAR:
```

```
;.....
;DUTY DEGERINI HESAPLAR
;.....
MOV A,DSAY1
MOV B,#10
MUL AB
ADD A,DSAY2
MOV DDEGER,A
;.....
;VOLT DEGERINI HESAPLAR
;.....
MOV A,VSAY1
MOV B,#10
MUL AB
ADD A,VSAY2
MOV VDEGER,A
MOV A,255
MOV B,VDEGER
DIV AB
MOV B,#05
MUL AB
ADD A,#03
MOV DACSEC,A
;.....
;FREKANS DEGERINI HESAPLAR
;.....
CLR C
MOV A,FSAY1
MOV B,#100
MUL AB
MOV R2,A
MOV A,FSAY2
MOV B,#10
MUL AB
MOV R3,A
ADD A,FSAY3
ADD A,R2
MOV FDEGER,A
MOV R5,A
JC FFBOLUM
SJMP FBOLUM
;.....
;GIRILEN DEGER 255'DEN BUYUKSE 215
SAYISIYLA GIRLEN SAYIYI CARPAR BU
ISLEMI SONUC 255 ESIT OLUNCAYA
KADAR DEVAM ETTIRIR
;.....
FFBOLUM:
MOV FSAY1,#01
MOV R6,#215
FFDON:
INC R6
MOV A,R5
MOV B,R6
MUL AB
MOV A,B
ADD A,R6
CLR C
MOV B,#255
SUBB A,B
JNZ FFDON
MOV A,R6
MOV B,#10
MUL AB
MOV R1,A
MOV R2,B
CLR C
MOV A,#255
MOV B,R1
SUBB A,B
MOV TL,A
MOV A,#255
MOV B,R2
SUBB A,B
MOV TH,A
LJMP DDEGERHES
;.....
; ON İLE 255 ARASINDAKİ SAYILARI FFFF
İLE BÖLER
;.....
FBOLUM:
MOV A,FDEGER
CJNE A,#15,FFBOL
MOV SONUC1,#17
MOV SONUC2,#01
MOV SONUC3,#01
MOV KALAN3,#00
LJMP THESAP
FFBOL:
CJNE A,#255,BOLUM
MOV SONUC1,#01
MOV SONUC2,#00
MOV SONUC3,#01
MOV KALAN1,#00
LJMP THESAP
BOLUM:
MOV A,#255
MOV B,FDEGER
DIV AB
MOV SONUC1,A
```

```
MOV KALAN1,B
MOV KAT,#00
MOV A,KALAN1
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
JZ TEK
MOV R1,A
MOV A,KALAN1
ANL A,#15
MOV R2,A
LCALL KDON
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC2,KAT
MOV A,FDEGER
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,#15
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN2,A
MOV A,R0
MOV R1,A
MOV A,R6
MOV R2,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC3,KAT
LJMP THESAP
;.....
; KALAN TEK SAYI İSE
;.....
TEK:
MOV A,KALAN1
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,#15
MOV B,FDEGER
DIV AB
JZ BOLMEZ
MOV SONUC2,A
MOV KALAN2,B
MOV A,KALAN2
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
JNZ TEKUC
MOV A,KALAN2
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,#15
MOV B,FDEGER
DIV AB
MOV SONUC3,A
MOV KALAN3,B
LJMP THESAP
;.....
;KALAN İKİ RAKAMLI İSE
;.....
KAL2:
MOV A,KALAN2
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,#15
MOV B,FDEGER
DIV AB
MOV SONUC3,A
MOV KALAN3,B
LJMP THESAP
;.....
; SONUC BÖLÜNMÜYORSA
;.....
BOLMEZ:
MOV A,#255
MOV B,FDEGER
```

```
CLR C
SUBB A,B
INC A
MOV SONUC3,A
MOV B,FDEGER
MUL AB
MOV B,A
MOV A,#255
CLR C
SUBB A,B
MOV KALAN3,A
MOV SONUC2,#00
LJMP THESAP
;.....
; KALAN ÜÇ RAKAMLI İSE
;.....
;.....
; YUKARIDAKİ BÜTÜN BÖLME
İŞLEMLERİNDE KULLANILAN ANA
DÖNGÜ
;.....
KDON:
INC KAT
MOV A,FDEGER
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R4
MOV R0,A
MOV A,R1
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R0
JNC KDON
RET
;.....
; ÇIKAN SONUCU 15 İLE ÇARP VE
FFFF'DEN ÇIKAR
;.....
THESAP:
MOV A,SONUC2
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,SONUC3
MOV B,#10
MUL AB
MOV R1,A
MOV R2,B
MOV A,SONUC1
MOV B,#10
MUL AB
ADD A,R2
MOV R3,A
CLR C
MOV A,#255
MOV B,R1
SUBB A,B
MOV TL,A
CLR C
MOV A,#255
MOV B,R3
SUBB A,B
MOV TH,A
MOV R5,TH
MOV R6,TL
MOV KAT,#00
;.....
; GİRİLEN DUTY DEĞERİNİ % OLARAK
HESAPLA
;.....
DDEGERHES:
MOV KUCUK,#00
CLR C
MOV A,DDEGER
SUBB A,#50
JNC DUTYHES1
CLR C
MOV B,DDEGER
MOV A,#100
SUBB A,B
MOV DDEGER,A
MOV DEGIS,#01
DUTYHES1:
MOV A,TL
MOV B,DDEGER
MUL AB
MOV DSONUC3,A
MOV R1,B
MOV A,TH
MOV B,DDEGER
```

```
MUL AB
MOV R2,A
MOV DSONUC1,B
CLR C
ADD A,R1
MOV DSONUC2,A
MOV A,DSONUC1
ADDC A,#00
MOV DSONUC1,A
;.....
; SONUCU HESAPLANAN DDEGER İLE
ÇARP
;.....
DUTYBOL:
MOV A,DSONUC1
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
JNZ D1TEKDEG
LJMP D1TEK
D1TEKDEG:
MOV R1,A
MOV A,DSONUC1
ANL A,#15
MOV R2,A
MOV A,DSONUC2
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC1,KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,KUCUK
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN1,A
MOV A,R0
MOV R1,A
MOV A,R6
MOV R2,A
MOV A,DSONUC2
ANL A,#15
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC2,KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,KUCUK
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
```

```
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN2,A
MOV A,R0
MOV R1,A
MOV A,R6
MOV R2,A
MOV A,DSONUC3
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC3,KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,KUCUK
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN3,A
MOV A,R0
MOV R1,A
MOV A,R6
MOV R2,A
MOV A,DSONUC3
ANL A,#15
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC4,KAT
LJMP DHESAP

D1TEK:
MOV A,DSONUC1
MOV B,#100
DIV AB
DEVAM:
MOV A,DSONUC1
ANL A,#15
MOV R1,A
MOV A,DSONUC2
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R2,A
MOV A,DSONUC2
ANL A,#15
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC1,KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,KUCUK
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
```

```
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN1,A
MOV A,R0
MOV R1,A
MOV A,R6
MOV R2,A
MOV A,DSONUC3
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC2,KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,KUCUK
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN2,A
MOV A,R0
MOV R1,A
MOV A,R6
MOV R2,A
MOV A,DSONUC3
ANL A,#15
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC3,KAT
LJMP DHESAP

D1SIF:
MOV A,DSONUC2
JNZ D3DON
MOV A,DSONUC3
MOV B,#100
DIV AB
MOV A,SONUC1
MOV B,KALAN1
LJMP DHESAP

D3DON:
MOV A,DSONUC2
ANL A,#15
MOV R1,A
MOV A,DSONUC3
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R2,A
MOV A,DSONUC3
ANL A,#15
MOV KUCUK,A
MOV KAT,#00
LCALL KDON1
CLR C
DEC KAT
MOV SONUC3,KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
```

```
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R7
ANL A,#15
MOV R5,A
MOV A,KUCUK
CLR C
SUBB A,R5
MOV R6,A
MOV A,R1
CLR C
SUBB A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R4
MOV R0,A
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R6
MOV KALAN3,A
LJMP DHESAP
;.....
; YUKARIDAKİ DARBE SÜRESİ
 İÇİN BÖLME İŞLEMLERİNDE
 KULLANILAN ANA DÖNGÜ
;.....
KDON1:
INC KAT
MOV A,#100
MOV B,KAT
MUL AB
MOV R7,A
MOV R3,B
ANL A,#240
MOV B,#16
DIV AB
MOV R4,A
MOV A,R3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R4
MOV R0,A
MOV A,R1
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,R2
CLR C
SUBB A,R0
JNC KDON1
RET
;.....
; ÇIKAN SONUCU 100'E BOL
;.....
DHESAP:
MOV A,SONUC4
JZ SON4SIF
MOV A,SONUC3
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,SONUC4
MOV R1,A
MOV A,SONUC1
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,SONUC2
MOV R2,A
SJMP ATLA
SON4SIF:
MOV A,SONUC2
MOV B,#16
MUL AB
ADD A,SONUC3
MOV R1,A
MOV A,SONUC1
MOV R2,A
ATLA:
MOV A,DEGIS
CJNE A,#01,DEGMEZ
MOV THIGH1,R2
MOV TLOW1,R1
CLR C
MOV A,TL
SUBB A,TLOW1
MOV R4,A
MOV A,TH
SUBB A,THIGH1
MOV R3,A
MOV THIGH0,R3
MOV TLOW0,R4
SJMP SSONUC
DEGMEZ:
MOV THIGH0,R2
MOV TLOW0,R1
CLR C
MOV A,TL
```

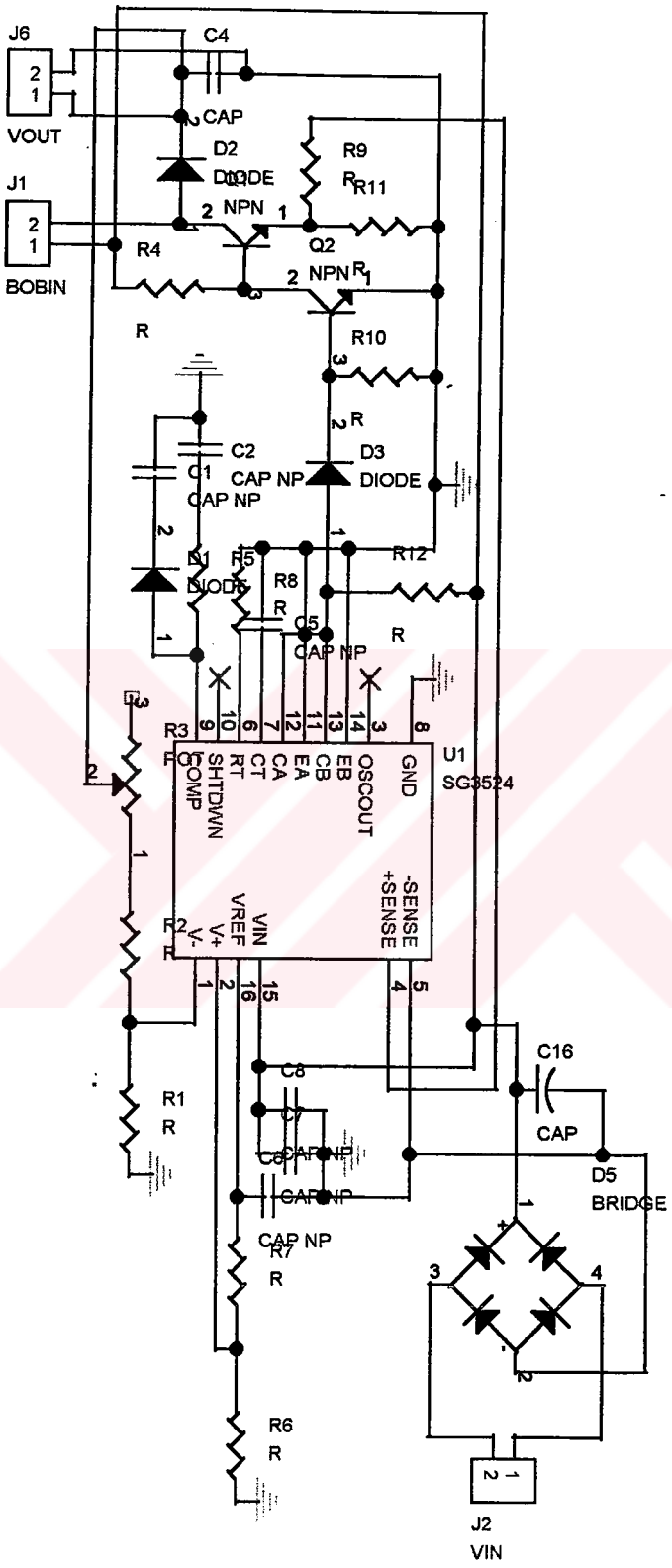
```
SUBB A,TLOW0
MOV R4,A
MOV A,TH
SUBB A,THIGH0
MOV R3,A
MOV THIGH1,R3
MOV TLOW1,R4

DACDEGER:
MOV A,VDEGER
MOV B,#02
MUL AB
MOV P0,A

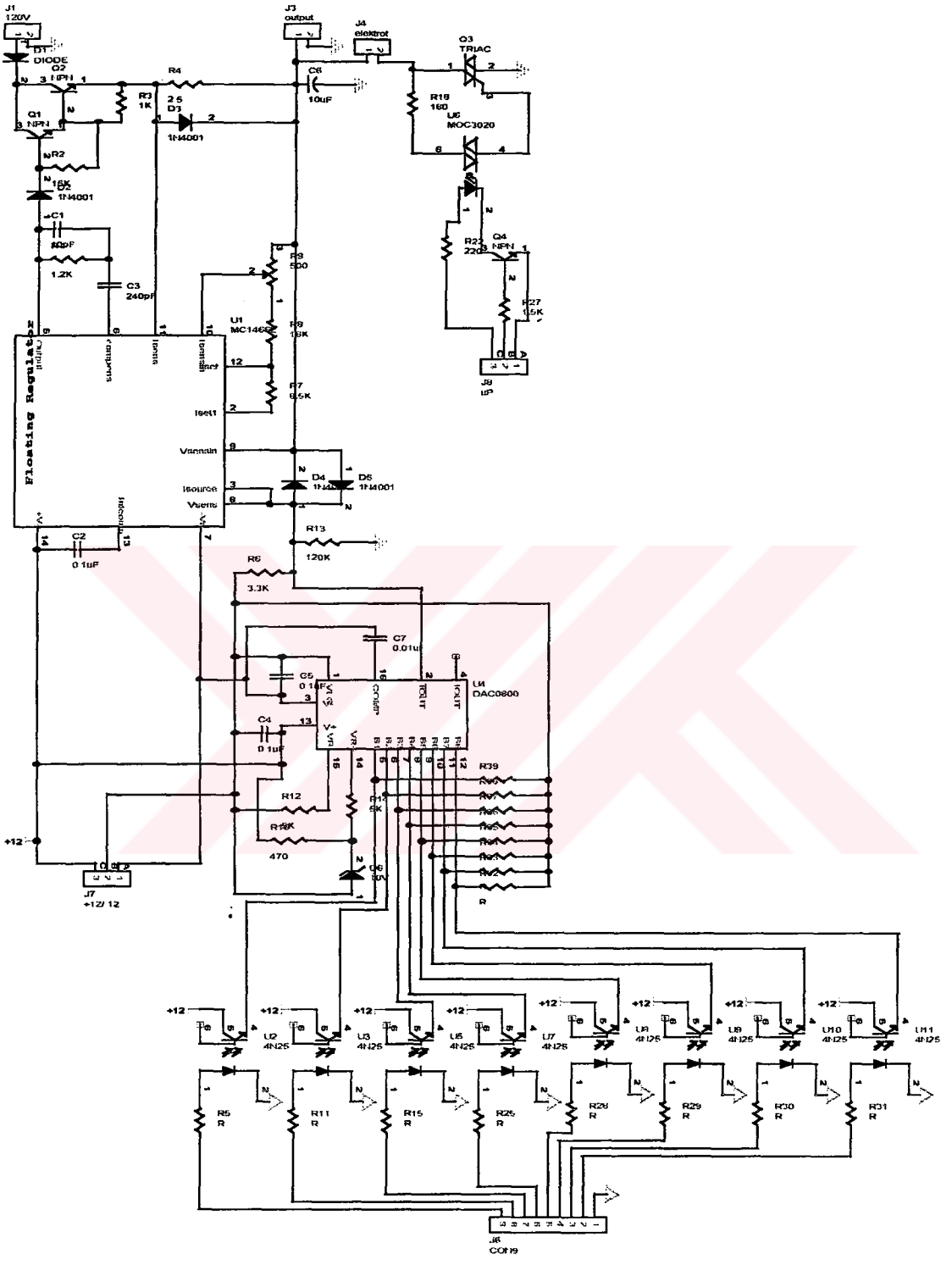

STRTIME:
;.....
; HESAPLANAN DEĞERLERİ TIMER0'A
GİR VE ÇIKIŞI SET ET
;.....
MOV TH0,THIGH0
MOV TL0,TLOW0
CLR TF0
SETB QUIT
SETB TR0
TLOOP1:
JNB TF0,TLOOP1
CLR TR0
;.....
; HESAPLANAN DEĞERLERİ TIMER1'A
GİR VE ÇIKIŞI CLEAR ET
;.....
MOV TH1,THIGH1
MOV TL1,TLOW1
CLR TF1
SETB QUIT
SETB TR1
TLOOP2:
JNB TF1,TLOOP2
CLR TR1

END
```

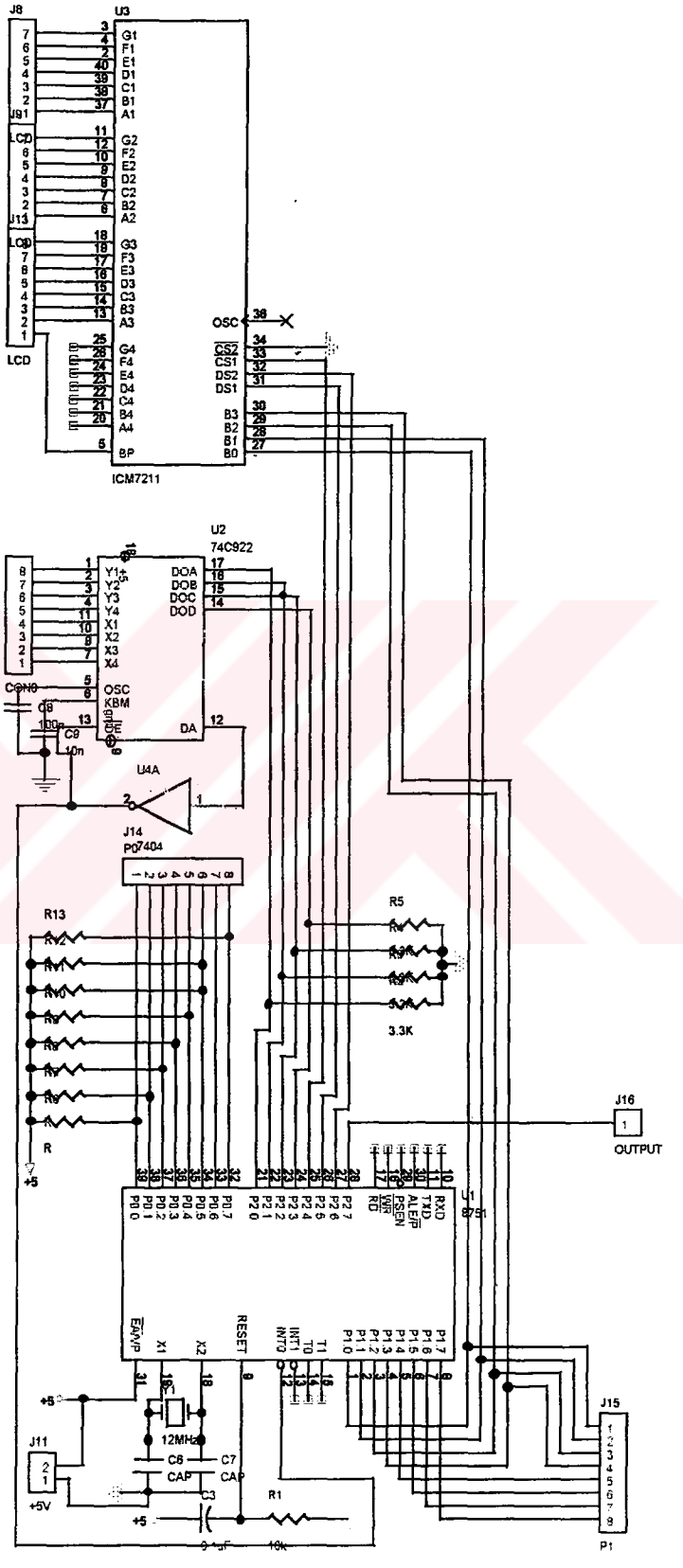
EK-2 TASARLANAN CİHAZIN TÜM ELEKTRONİK DEVRESİ



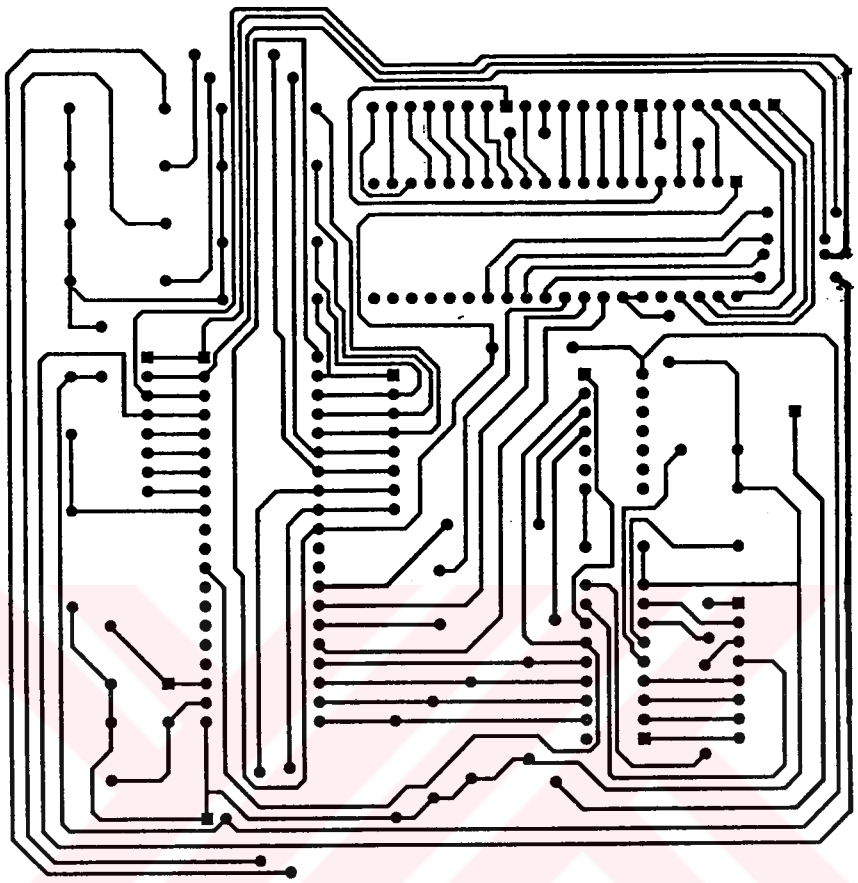
Anahtarlamalı güç kaynağı



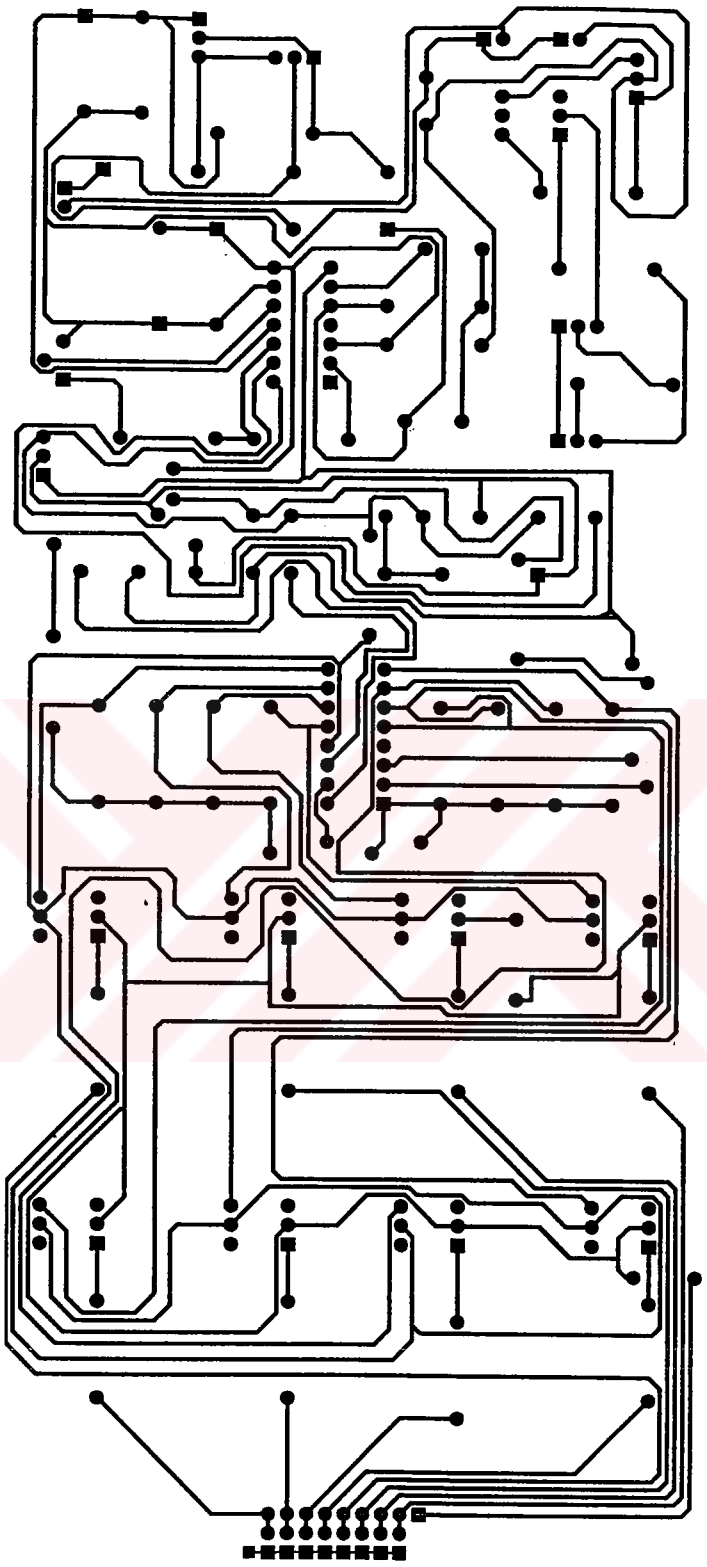
Dijital güç kaynağı devre şeması



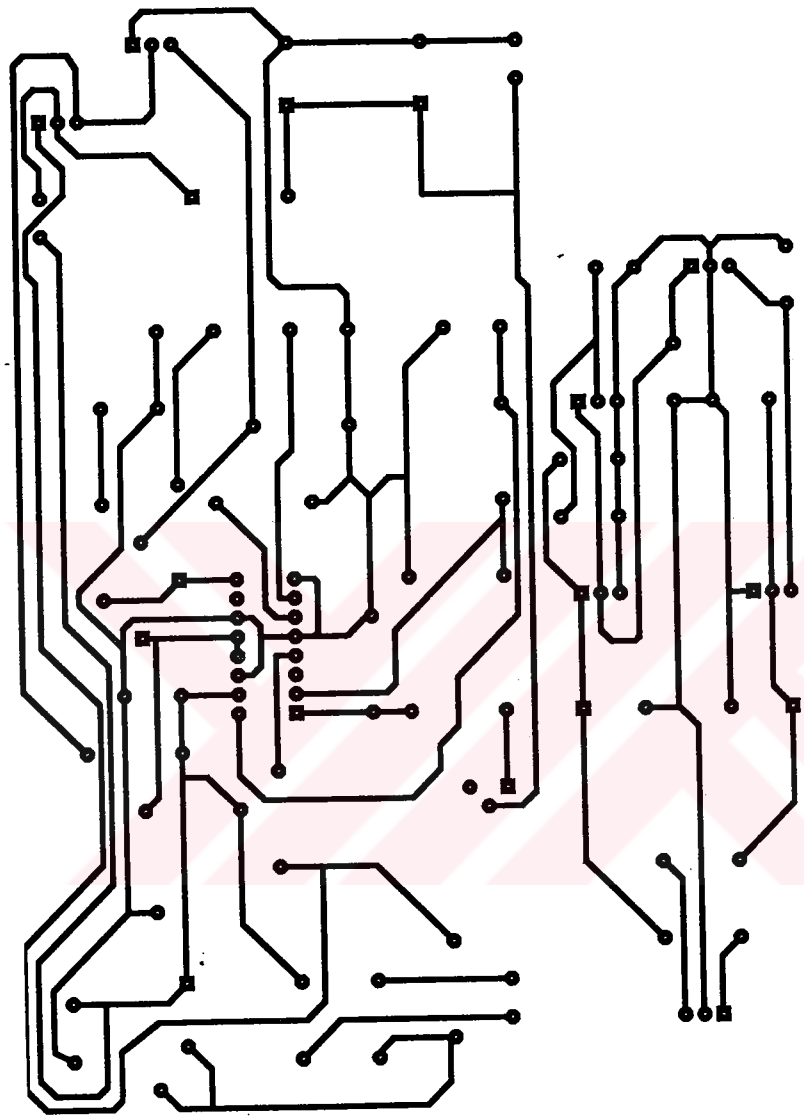
Mikrodenetleyici kontrol kartı



Mikrodenetleyici kartına ait baskı devre



Dijital güç kaynağına ait baskı devre



Anahtarlamalı güç kaynağına ait baskı devre

EK-3 : TASARLANAN CİHAZDA KULLANILAN ENTEGRE DEVRELERE AİT BİLGİLER

National Semiconductor

MM54C922/MM74C922 16-Key Encoder
MM54C923/MM74C923 20-Key Encoder

General Description

These CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 kΩ on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two key roll over is provided between any two switches.

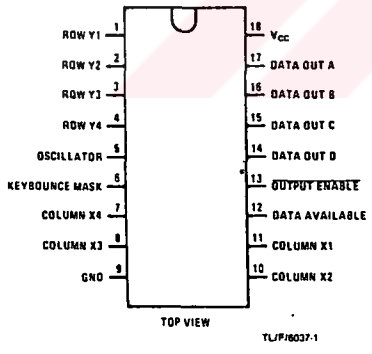
An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The TRI-STATE® outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

- 50 kΩ maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- TRI-STATE outputs LPTTL compatible
- Wide supply range 3V to 15V
- Low power consumption

Connection Diagrams

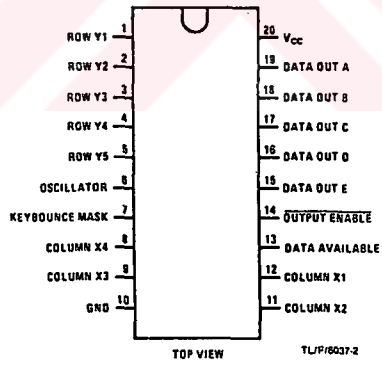
Dual-In-Line Package



Order Number MM54C922J or MM74C922J
See NS Package J18A

Order Number MM54C922N or MM74C922N
See NS Package N18A

Dual-In-Line Package



Order Number MM54C923J or MM74C923J
See NS Package J20A

Order Number MM54C923N or MM74C923N
See NS Package N20A

DC Electrical Characteristics (Cont'd.)

Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
OUTPUT DRIVE (See 54C/74C Family Characteristics Data Sheet) (Short Circuit Current)						
I_{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25°C	−1.75	−3.3		mA
I_{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	V_{CC} = 10V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25°C	−8	−15		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25°C	1.75	3.6		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	V_{CC} = 10V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25°C	8	16		mA

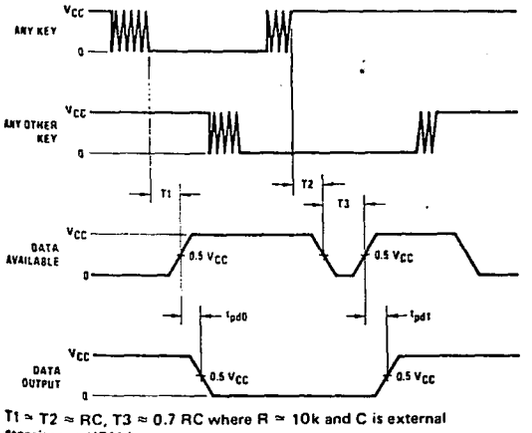
AC Electrical Characteristics T_A = 25°C, C_L = 50 pF, unless otherwise noted

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{D0}, t_{pd1}	Propagation Delay Time to Logical "0" or Logical "1" from D.A.	C_L = 50 pF, *(Figure 1)*				
		V_{CC} = 5V		60	150	ns
		V_{CC} = 10V		35	80	ns
		V_{CC} = 15V		25	60	ns
t_{1H}, t_{H1}	Propagation Delay Time from Logical "0" or Logical "1" into High Impedance State	R_L = 10k, C_L = 10pF *(Figure 2)*				
		V_{CC} = 5V R_L = 10k		80	200	ns
		V_{CC} = 10V C_L = 10 pF		65	150	ns
		V_{CC} = 15V		50	110	ns
t_{H0}, t_{H1}	Propagation Delay Time from High Impedance State to a Logical "0" or Logical "1"	R_L = 10k, C_L = 50 pF, *(Figure 2)*				
		V_{CC} = 5V R_L = 10k		100	250	ns
		V_{CC} = 10V C_L = 50 pF		55	125	ns
		V_{CC} = 15V		40	90	ns
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input, (Note 2)		5	7.5	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	Any Output, (Note 2)		10		pF

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

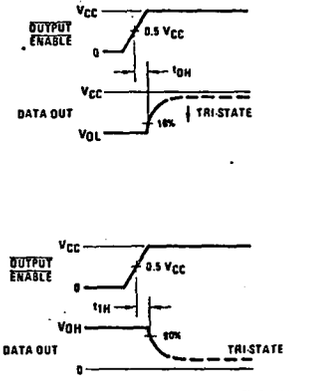
Switching Time Waveforms



$T1 \approx T2 \approx RC$, $T3 \approx 0.7\,RC$ where $R \approx 10k$ and C is external capacitor at KBM input.

TL/F/6037-3

FIGURE 1



TL/F/6037-4

FIGURE 2

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

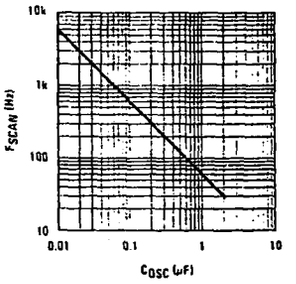
Voltage at Any Pin	V_{CC} − 0.3V to V_{CC} + 0.3V	Package Dissipation	500 mW
Operating Temperature Range		Operating V_{CC} Range	3V to 15V
MM54C922, MM54C923	−55°C to +125°C	V_{CC}	18V
MM74C922, MM74C923	−40°C to +85°C	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C		

DC Electrical Characteristics Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMOS TO CMOS						
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V, $I_{IN} \geq 0.7$ mA	3	3.6	4.3	V
		V_{CC} = 10V, $I_{IN} \geq 1.4$ mA	6	6.8	8.6	V
		V_{CC} = 15V, $I_{IN} \geq 2.1$ mA	9	10	12.9	V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V, $I_{IN} \geq 0.7$ mA	0.7	1.4	2	V
		V_{CC} = 10V, $I_{IN} \geq 1.4$ mA	1.4	3.2	4	V
		V_{CC} = 15V, $I_{IN} \geq 2.1$ mA	2.1	5	6	V
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V,	3.5	4.5		V
		V_{CC} = 10V,	8	9		V
		V_{CC} = 15V,	12.5	13.5		V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	V_{CC} = 5V,		0.5	1.5	V
		V_{CC} = 10V,		1	2	V
		V_{CC} = 15V,		1.5	2.5	V
I_{rp}	Row Pull-Up Current at Y1, Y2, Y3, Y4 and Y5 Inputs	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0.1 V_{CC}		−2	−5	μA
		V_{CC} = 10V		−10	−20	μA
		V_{CC} = 15V		−22	−45	μA
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	V_{CC} = 5V, I_O = −10μA	4.5			V
		V_{CC} = 10V, I_O = −10μA	9			V
		V_{CC} = 15V, I_O = −10μA	13.5			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	V_{CC} = 5V, I_O = 10μA			0.5	V
		V_{CC} = 10V, I_O = 10μA			1	V
		V_{CC} = 15V, I_O = 10μA			1.5	V
R_{on}	Column "ON" Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	V_{CC} = 5V, V_O = 0.5V		500	1400	Ω
		V_{CC} = 10V, V_O = 1V		300	700	Ω
		V_{CC} = 15V, V_O = 1.5V		200	500	Ω
I_{CC}	Supply Current Osc at 0V, (one Y low)	V_{CC} = 5V,		0.55	1.1	mA
		V_{CC} = 10V		1.1	1.9	mA
		V_{CC} = 15V		1.7	2.6	mA
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current at $\overline{\text{Output Enable}}$	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V		0.005	1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current at $\overline{\text{Output Enable}}$	V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V	−1.0	−0.005		μA
CMOS/LPTTL INTERFACE						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, V_{CC} = 4.5V	V_{CC}−1.5			V
		74C, V_{CC} = 4.75V	V_{CC}−1.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, V_{CC} = 4.5V			0.8	V
		74C, V_{CC} = 4.75V			0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	54C, V_{CC} = 4.5V, I_O = −360μA	2.4			V
		74C, V_{CC} = 4.75V, I_O = −360μA	2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	54C, V_{CC} = 4.5V, I_O = 360μA			0.4	V
		74C, V_{CC} = 4.75V, I_O = 360μA			0.4	V

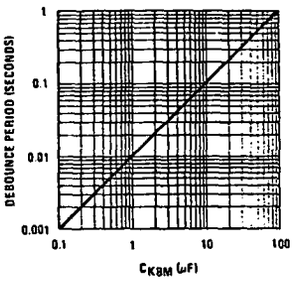
Typical Performance Characteristics (Cont'd.)

Typical F_{SCAN} vs C_{OSC}



TL/F/6037-8

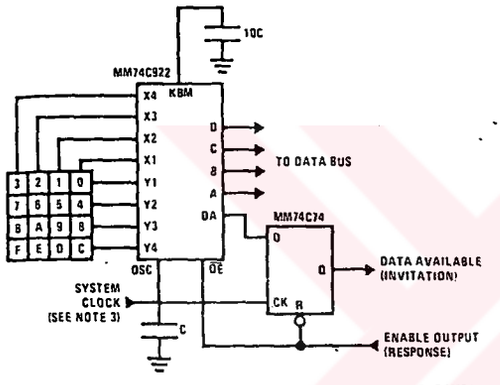
Typical Debounce Period vs C_{KBM}



TL/F/6037-9

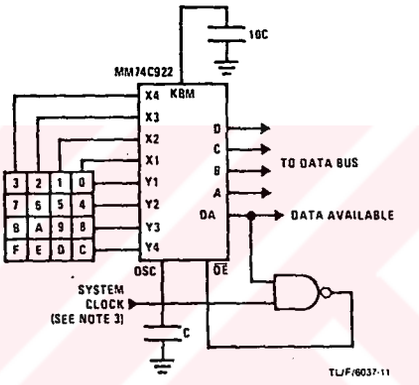
Typical Applications

Synchronous Handshake (MM74C922)



TL/F/6037-10

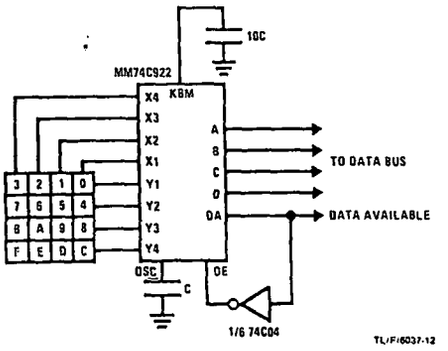
Synchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)



TL/F/6037-11

Outputs are enabled when valid entry is made and go into TRI-STATE when key is released.

Asynchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)

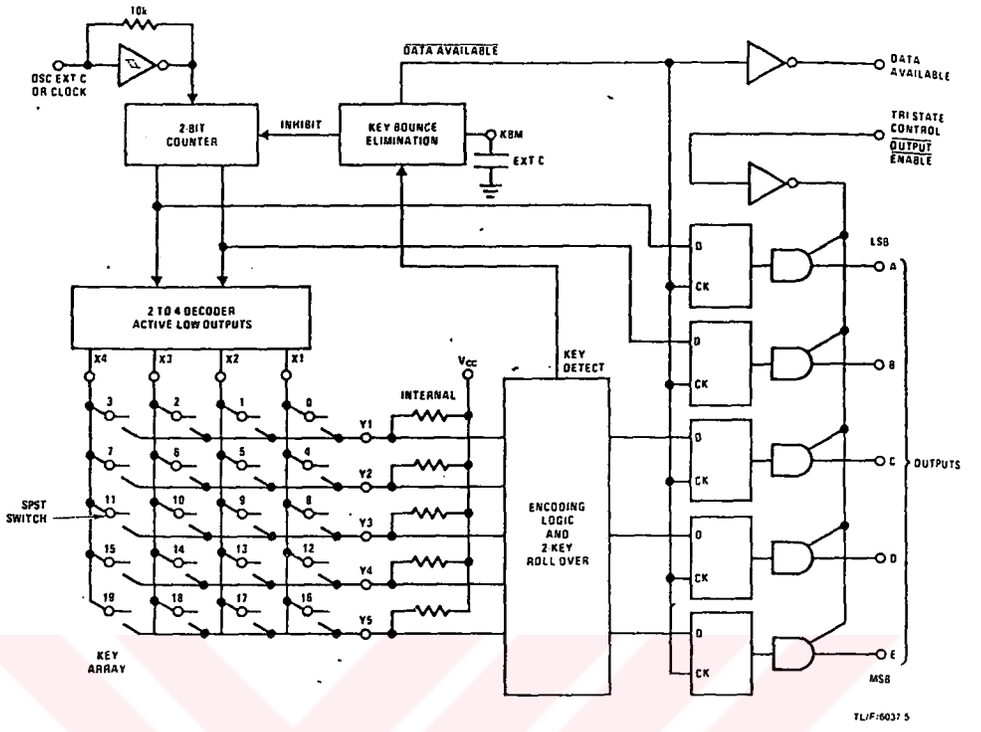


TL/F/6037-12

Outputs are in TRI-STATE until key is pressed, then data is placed on bus. When key is released, outputs return to TRI-STATE.

Note 3: The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc. and driving osc. directly if the system clock rate is lower than 10 kHz.

Block Diagram



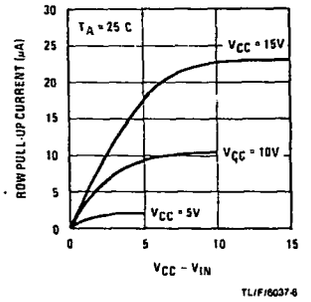
Truth Table

SWITCH POSITION		0 Y1,X1	1 Y1,X2	2 Y1,X3	3 Y1,X4	4 Y2,X1	5 Y2,X2	6 Y2,X3	7 Y2,X4	8 Y3,X1	9 Y3,X2	10 Y3,X3	11 Y3,X4	12 Y4,X1	13 Y4,X2	14 Y4,X3	15 Y4,X4	16 Y5*,X1	17 Y5*,X2	18 Y5*,X3	19 Y5*,X4
DATA OUT	A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	E*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

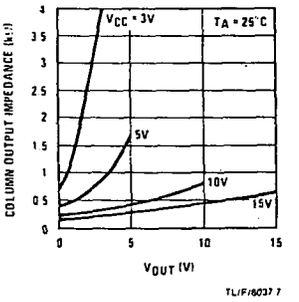
*Omit for MM54C922/MM74C922

Typical Performance Characteristics

Typical I_{rp} vs V_{IN} at Any Y Input

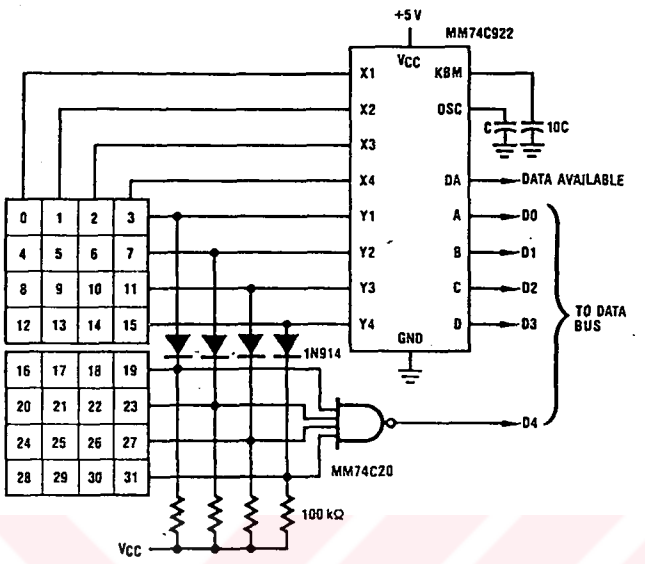


Typical R_{on} vs V_{OUT} at Any X Output



Typical Application (Cont'd.)

Expansion to 32 Key Encoder (MM74C922)



TL/F/5037-13

Theory of Operation

The MM74C922/MM74C923 Keyboard Encoders implement all the logic necessary to interface a 16 or 20 SPST key switch matrix to a digital system. The encoder will convert a key switch closer to a 4(MM74C922) or 5(MM74C923) bit nibble. The designer can control both the keyboard scan rate and the key debounce period by altering the oscillator capacitor, C_{OSE}, and the key bounce mask capacitor, C_{MSK}. Thus, the MM74C922/MM47C923's performance can be optimized for many keyboards.

The keyboard encoders connect to a switch matrix that is 4 rows by 4 columns (MM74C922) or 5 rows by 4 columns (MM74C923). When no keys are depressed, the row inputs are pulled high by internal pull-ups and the column outputs sequentially output a logic "0". These outputs are open drain and are therefore low for 25% of the time and otherwise off. The column scan rate is controlled by the oscillator input, which consists of a Schmitt trigger oscillator, a 2-bit counter, and a 2-4-bit decoder.

When a key is depressed, key 0, for example, nothing will happen when the X1 input is off, since Y1 will remain high. When the X1 column is scanned, X1 goes low and Y1 will go low. This disables the counter and keeps X1 low. Y1 going low also initiates the key bounce circuit timing and locks out the other Y inputs. The key code to be outputted is a combination of the frozen counter value and the decoded Y inputs. Once the key bounce circuit times out, the data is latched, and the Data Available (DAV) output goes high.

If, during the key closure the switch bounces, Y1 input will go high again, restarting the scan and resetting the key bounce circuitry. The key may bounce several times but as soon as the switch stays low for a debounce period, the closure is assumed valid and the data is latched.

A key may also bounce when it is released. To ensure that the encoder does not recognize this bounce as another key closure, the debounce circuit must time out before another closure is recognized.

The two key roll over feature can be illustrated by assuming a key is depressed, and then a second key is depressed. Since all scanning has stopped, and all other Y inputs are disabled, the second key is not recognized until the first key is lifted and the key bounce circuitry has reset.

The output latches feed TRI-STATE, which are enabled when the Output Enable ($\overline{OE}$) input is taken low.

INTERSIL

ICM7211 (LCD)
ICM7212 (LED)
Four Digit CMOS Display Decoder/Drivers

ICM7211 (LCD) FEATURES

- Four digit non-multiplexed 7 segment LCD display outputs with backplane driver
- Complete onboard RC oscillator to generate backplane frequency
- Backplane input/output allows simple synchronization of slave-device segment outputs to a master backplane signal
- ICM7211 devices provide separate Digit Select inputs to accept multiplexed BCD input (Pinout and functionally compatible with Siliconix DF411)
- ICM7211M devices provide data and digit select code input latches controlled by Chip Select inputs to provide a direct high speed processor interface
- ICM7211 decodes binary hexadecimal; ICM7211A decodes binary to Code B (0-9, dash, E, H, L, P, blank)

ICM7212 (LED) FEATURES

- 28 current-limited segment outputs provide 4-digit non-multiplexed direct LED drive at > 5mA per segment.
- Brightness input allows direct control of LED segment current with a single potentiometer. Can function digitally as a display enable.
- ICM7212M and ICM7212A devices provide same input configuration and output decoding options as the ICM7211.

DESCRIPTION

The ICM7211 (LCD) and ICM7212 (LED) devices constitute a family of non-multiplexed four-digit seven-segment CMOS display decoder-drivers.

The ICM7211 devices are configured to drive conventional LCD displays by providing a complete RC oscillator, divider chain, backplane driver, and 28 segment outputs. These outputs provide the zero d.c. component signals necessary for long display life.

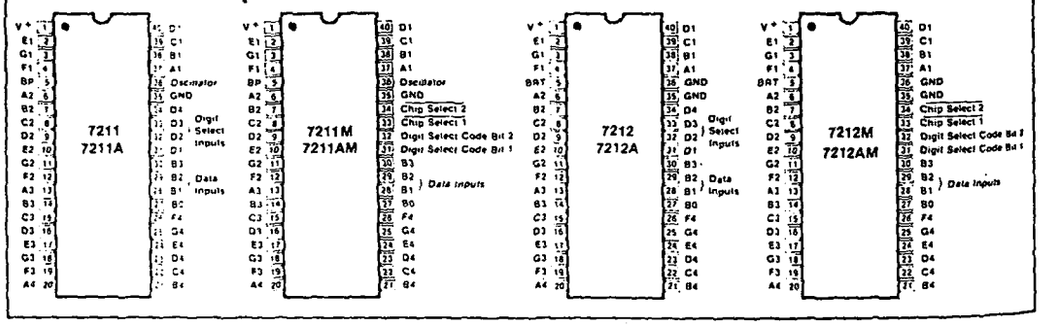
The ICM7212 devices are configured to drive common-anode LED displays, providing 28 current-controlled low leakage open-drain n-channel outputs. These devices provide a BRighTness input, which may be used at normal logic levels as a display enable, or with a potentiometer as a continuous display brightness control.

Both the LCD and LED devices are available with two input configurations. The basic devices provide four data-Bit inputs and four Digit Select inputs. This configuration is suitable for interfacing with multiplexed BCD or binary output devices, such as the ICM7217, ICM7226 and ICL71C03. The microprocessor interface (suffix M) devices provide data input latches and Digit Select code latches under control of high-speed Chip Select inputs. These devices simplify the task of implementing a cost-effective alphanumeric seven-segment display for microprocessor systems, without requiring extensive ROM or CPU time for decoding and display updating.

The standard devices will provide two different decoder configurations. The basic device will decode the four bit binary input into a seven-segment alphanumeric hexadecimal output. The "A" versions will provide the "Code B" output code, i.e., 0-9, dash, E, H, L, P, blank. Either device will correctly decode true BCD to seven-segment decimal outputs.

Devices in the ICM7211/7212 family are packaged in a standard 40 pin plastic dual-in-line package and all inputs are fully protected against static discharge.

PIN CONFIGURATIONS (OUTLINE DRAWING PL)



ICM7211/ICM7212

INTERSIL

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Dissipation (Note 1) ..... 0.5 W @ 70°C
Supply Voltage 6.5V
Input Voltage (Any Terminal) (Note 2) ..... V^+ +0.3V, GROUND −0.3V
Operating Temperature Range ..... −20°C to +70°C
Storage Temperature Range ..... −55°C to +125°C
Lead Temperature (Soldering 10 sec.) ..... 300°C

NOTE 1: This limit refers to that of the package and will not be realized during normal operation.
NOTE 2: Due to the SCR structure inherent in the CMOS process, connecting any terminal to voltages greater than V^+ or less than GROUND may cause destructive device latchup. For this reason, it is recommended that no inputs from external sources not operating on the same power supply be applied to the device before its supply is established, and that in multiple supply systems, the supply to the ICM7211/ICM7212 be turned on first.

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

OPERATING CHARACTERISTICS

TEST CONDITIONS: All parameters measured with $V^+ = 5V$ unless otherwise specified.

ICM7211 CHARACTERISTICS (LCD)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Supply Voltage Range	V_{SUPP}		3	5	6	V
Operating Current	I_{op}	Test circuit, Display blank		10	50	µA
Oscillator Input Current	I_{OSCI}	Pin 36		±2	±10	
Segment Rise/Fall Time	t_{rfs}	C_L = 200pF		0.5		µs
Backplane Rise/Fall Time	t_{rfb}	C_L = 5000pF		1.5		
Oscillator Frequency	f_{osc}	Pin 36 Floating		19		kHz
Backplane Frequency	f_{bp}	Pin 36 Floating		150		Hz

ICM7212 CHARACTERISTICS (COMMON ANODE LED)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Supply Voltage Range	V_{SUPP}		4	5	6	V
Operating Current Display Off	I_{op}	Pin 5 (Brightness), Pins 27-34 - GROUND		10	50	µA
Operating Current	I_{op}	Pin 5 at V^+, Display all 8's		200		mA
Segment Leakage Current	I_{SLK}	Segment Off		±0.01	±1	µA
Segment On Current	I_{SEG}	Segment On, V_O = +3V	5	8		mA

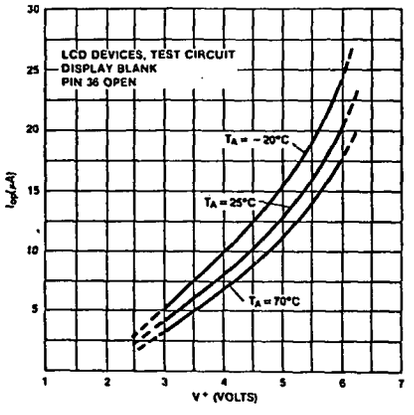
INPUT CHARACTERISTICS

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Logical "1" input voltage	V_{IH}		3			V
Logical "0" input voltage	V_{IL}				2	
Input leakage current	I_{ILK}	Pins 27-34		±.01	±1	µA
Input capacitance	C_{IN}	Pins 27-34		5		pF
BP/Brightness input leakage	I_{BPLK}	Measured at Pin 5 with Pin 36 at GND		±.01	±1	µA
BP/Brightness input capacitance	C_{BPI}	All Devices		200		pF
AC CHARACTERISTICS - MULTIPLEXED INPUT CONFIGURATION						
Digit Select Active Pulse Width	t_{sa}	Refer to Timing Diagrams	1			µs
Data Setup Time	t_{ds}		500			ns
Data Hold Time	t_{dh}		200			
Inter-Digit Select Time	t_{ids}		2			µs
AC CHARACTERISTICS - MICROPROCESSOR INTERFACE						
$\overline{\text{Chip Select}}$ Active Pulse Width	t_{csa}	other $\overline{\text{Chip Select}}$ either held active, or both driven together	200			ns
Data Setup Time	t_{ds}		100			
Data Hold Time	t_{dh}		10	0		
Inter-$\overline{\text{Chip Select}}$ Time	t_{ics}		2			µs

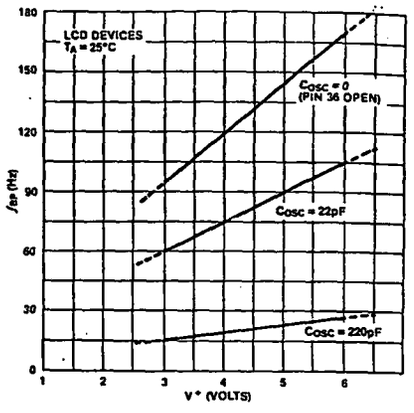
ICM7211/ICM7212

TYPICAL CHARACTERISTICS

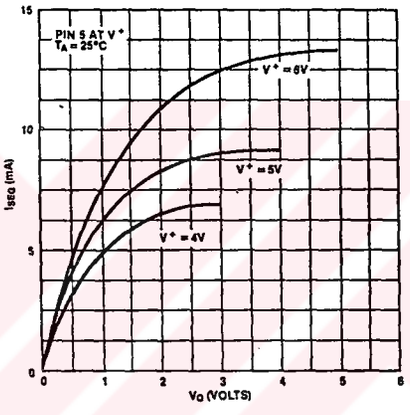
ICM7211 OPERATING SUPPLY CURRENT
AS A FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE



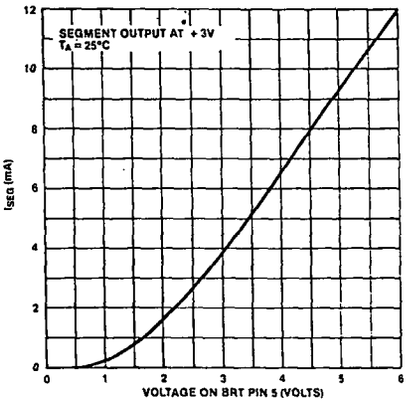
ICM7211 BACKPLANE FREQUENCY
AS A FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE



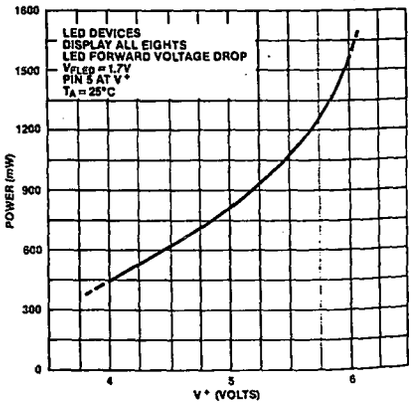
ICM7212 LED SEGMENT CURRENT
AS A FUNCTION OF OUTPUT VOLTAGE



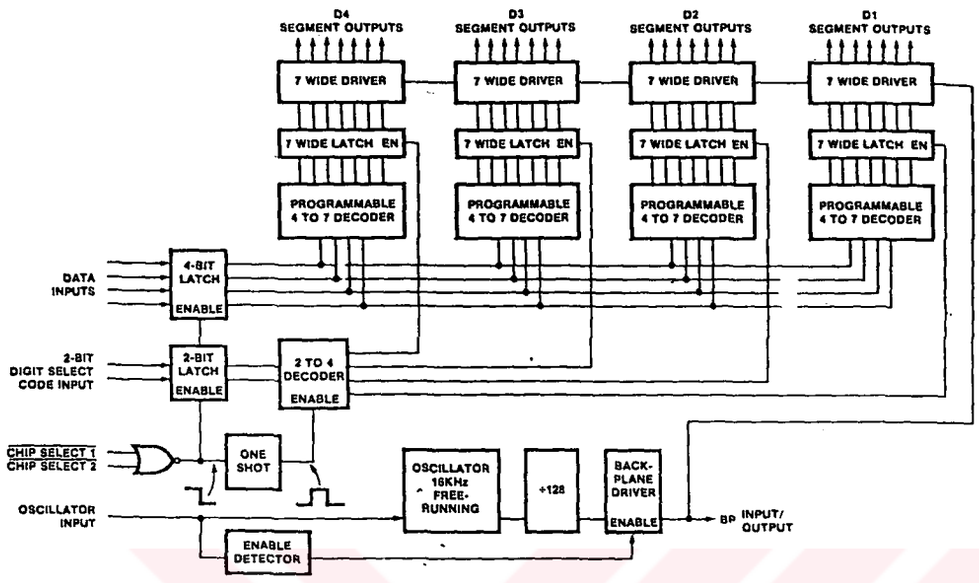
ICM7212 LED SEGMENT CURRENT
AS A FUNCTION OF
BRIGHTNESS CONTROL VOLTAGE



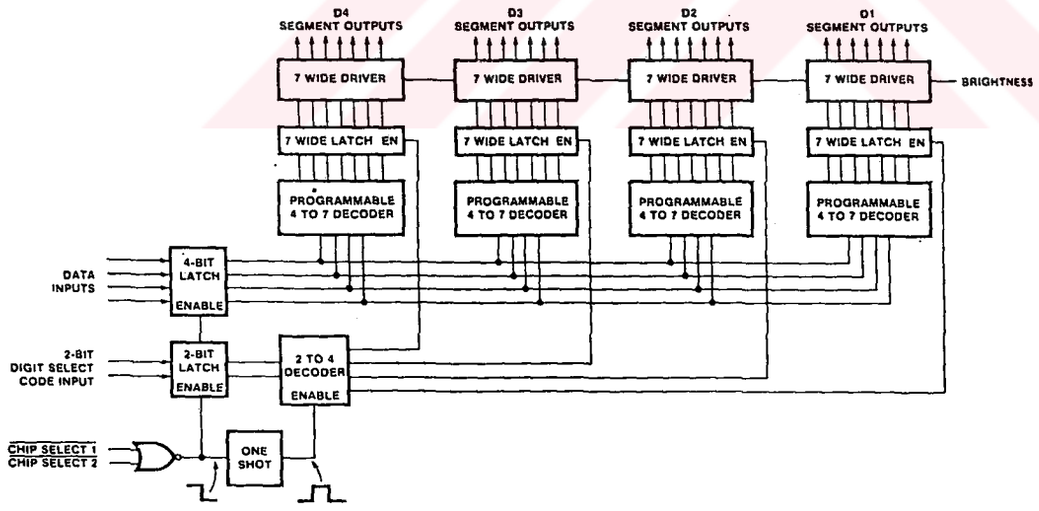
ICM7212 OPERATING POWER (LED DISPLAY)
AS A FUNCTION OF SUPPLY VOLTAGE



ICM7211(A)M



ICM7212(A)M



ICM7211/ICM7212

INTERSIL

INPUT DEFINITIONS

In this table, V+ and GROUND are considered to be normal operating input logic levels. Actual input low and high levels are specified under Operating Characteristics. For lowest power consumption, input signals should swing over the full supply.

INPUT	TERMINAL	CONDITION	FUNCTION	
B0	27	V+ = Logical One GND = Logical Zero	Ones (Least Significant)	Data Input Bits
B1	28	V+ = Logical One GND = Logical Zero	Twos	
B2	29	V+ = Logical One GND = Logical Zero	Fours	
B3	30	V+ = Logical One GND = Logical Zero	Eights (Most significant)	
OSC (LCD Devices Only)	36	Floating or with external capacitor to V+ GROUND	Oscillator Input Disables BP output devices, allowing segments to be synced to an external signal input at the BP terminal (Pin 5)	

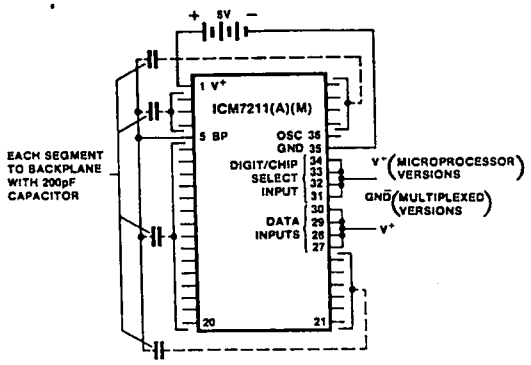
ICM7211/ICM7212
MULTIPLEXED-BINARY INPUT CONFIGURATION

INPUT	TERMINAL	CONDITION	FUNCTION
D1	31	V+ = Active GND = Inactive	D1 (Least significant) Digit Select
D2	32		D2 Digit Select
D3	33		D3 Digit Select
D4	34		D4 (Most significant) Digit Select

ICM7211M/ICM7212M
MICROPROCESSOR INTERFACE INPUT CONFIGURATION

INPUT	DESCRIPTION	TERMINAL	CONDITION	FUNCTION
DS1	Digit Select Code Bit 1 (LSB)	31	V+ = Logical One GND = Logical Zero	DS1 & DS2 serve as a two bit Digit Select Code Input DS2, DS1 = 00 selects D4 DS2, DS1 = 01 selects D3 DS2, DS1 = 10 selects D2 DS2, DS1 = 11 selects D1
DS2	Digit Select Code Bit 2 (MSB)	32		
$\overline{CS1}$	Chip Select 1	33	V+ = Inactive GND = Active	When both $\overline{CS1}$ and $\overline{CS2}$ are taken low, the data at the Data and Digit Select code inputs are written into the input latches. On the rising edge of either Chip Select, the data is decoded and written into the output latches.
$\overline{CS2}$	Chip Select 2	34		

TEST CIRCUIT



double connection is necessary to minimize effects of bond wire resistance with the large total display currents possible.

When operating LED devices at higher temperatures and/or higher supply voltages, the device power dissipation may need to be reduced to prevent excessive chip temperatures. The maximum power dissipation is 1 watt at 25°C, derated linearly above 35°C to 500mW at 70°C (−15mW/°C above 35°C). Power dissipation for the device is given by:

$$P = (V^+ - V_{FLED})(I_{SEG})(n_{SEG})$$

where V_{FLED} is the LED forward voltage drop, I_{SEG} is segment current, and n_{SEG} is the number of "on" segments. It is recommended that if the device is to be operated at elevated temperatures the segment current be limited by use of the BRighTness input to keep power dissipation within the limits described above.

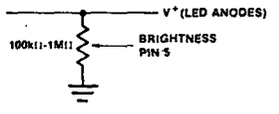


Figure 3: Brightness control

INPUT CONFIGURATIONS AND OUTPUT CODES

The standard devices in the ICM7211/12 family accept a four-bit true binary (ie, positive level = logical one) input at pins 27 thru 30, least significant bit at pin 27 ascending to the most significant bit at pin 30. The ICM7211, ICM7211M, ICM7212, and ICM7212M devices decode this binary input into a seven-segment alphanumeric hexadecimal output, while the ICM7211A, ICM7211AM, ICM7212A, and ICM7212AM decode the binary input into the same seven-segment output as in the ICM7218 "Code B", ie 0-9, dash, E, H, L, P, blank. These codes are shown explicitly in Table 1. Either decoder option will correctly decode true BCD to a seven-segment decimal output.

These devices are actually mask-programmable to provide any 16 combinations of the seven segment outputs decoded from the four input bits. For larger quantity orders, (10K pcs. minimum) custom decoder options can be arranged. Contact the factory for details.

The ICM7211, ICM7211A, ICM7212, and ICM7212A devices are designed to accept multiplexed binary or BCD input. These devices provide four separate digit lines (least significant digit at pin 31 ascending to most significant digit at pin 34), each of which when taken to a positive level decodes and stores in the output latches of its respective digit the character corresponding to the data at the input port, pins 27 through 30. More than one digit select may be activated simultaneously (which will write the same character into all selected digits), although the timing requirements shown in Fig (1) and under Operating Characteristics for data setup, hold, and inter-digit select times must be met to ensure correct output.

The ICM7211M, ICM7211AM, ICM7212M, and ICM7212AM devices are intended to accept data from a data bus under processor control.

In these devices, the four data input bits and the two-bit digit select code (DS1 pin 31, DS2 pin 32) are written into input buffer latches when both chip select inputs ($\overline{CS1}$ pin 33, $\overline{CS2}$ pin 34) are taken low. On the rising edge of either chip select input, the content of the data input latches is decoded and stored in the output latches of the digit selected by the contents of the digit select code latches.

A select code of 00 writes into D4, DS2 = 0, DS1 = 1 writes into D3, DS2 = 1, DS1 = 0 writes into D2, and 11 writes into D1. The timing relationships for inputting data are shown in Fig (2), and the chip select pulse widths and data setup and hold times are specified under Operating Characteristics.

Table 1: Output Codes

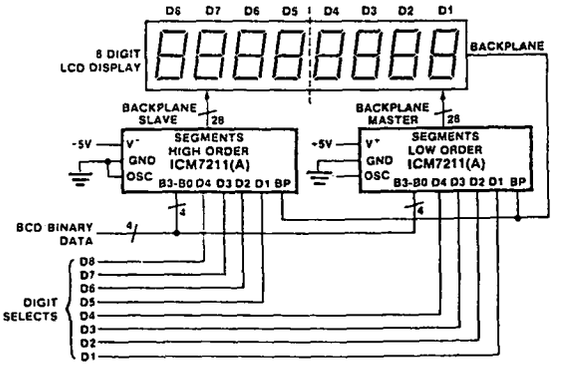
BINARY				HEXADECIMAL ICM7211(M) ICM7212(M)	CODE B ICM7211A(M) ICM7212A(M)
B3	B2	B1	B0		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	A	-
1	0	1	1	B	E
1	1	0	0	C	H
1	1	0	1	D	L
1	1	1	0	E	P
1	1	1	1	F	(BLANK)

SEGMENT ASSIGNMENT



APPLICATIONS

1. Ganged ICM7211's Driving 8-Digit LCD Display.



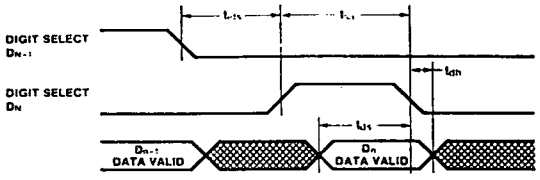


Figure 1: Multiplexed Input Timing Diagram

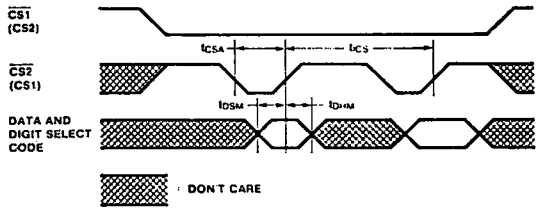


Figure 2: Microprocessor Interface Input Timing Diagram

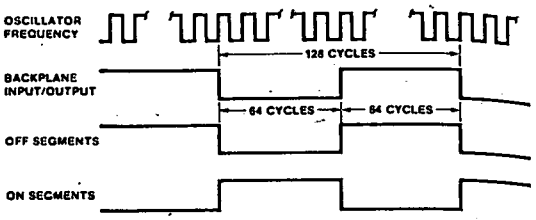
DESCRIPTION OF OPERATION

LCD DEVICES

The LCD devices in the family (ICM7211, 7211A, 7211M, 7211AM) provide outputs suitable for driving conventional four-digit by seven-segment LCD displays, including 28 individual segment drivers, backplane driver, and a self-contained oscillator and divider chain to generate the backplane frequency.

The segment and backplane drivers each consist of a CMOS inverter, with the n- and p-channel devices ratioed to provide identical on resistances, and thus equal rise and fall times. This eliminates any dc component, which could arise from differing rise and fall times, and ensures maximum display life.

The backplane output devices can be disabled by connecting the OSCillator input (pin 36) to GrouND. This allows the 28 segment outputs to be synchronized directly to a signal input at the BP terminal (pin 5). In this manner, several slave devices may be cascaded to the backplane output of one master device, or the backplane may be derived from an external source. This allows the use of displays with characters in multiples of four and a single backplane. A slave device represents a load of approximately 200pF (comparable to one additional segment), thus the limitation of the number of devices that can be slaved to one master device backplane driver is the additional load represented by the larger backplane of displays of more than four digits; and the effect of that load on the backplane rise and fall times. A good rule of thumb to observe in order to minimize power consumption is to keep the rise and fall times less than about 5 microseconds. The backplane output driver should handle the backplane to a display of 16 one-half-inch characters (rise and fall times not exceeding 5μs. ie, 3 slave devices and the display backplane driven by a fourth master device). It is recommended that if more than four devices are to be slaved together, that the backplane signal be derived externally and all the ICM7211 devices be slaved to it. This external signal should be capable of driving very



Display Waveforms

large capacitive loads with short (1-2μs) rise and fall times. The maximum frequency for a backplane signal should be about 150Hz although this may be too fast for optimum display response at lower display temperatures, depending on the display used.

The onboard oscillator is designed to free run at approximately 19KHz at microampere power levels. The oscillator frequency is divided by 128 to provide the backplane frequency, which will be approximately 150Hz with the oscillator free-running; the oscillator frequency may be reduced by connecting an external capacitor between the OSCillator terminal and V^+.

The oscillator may also be overdriven if desired, although care must be taken to ensure that the backplane driver is not disabled during the negative portion of the overdriving signal (which could cause a d.c. component to the display). This can be done by driving the OSCillator input between the positive supply and a level out of the range where the backplane disable is sensed (about one fifth of the supply voltage above GrouND). Another technique for overdriving the oscillator (with a signal swinging the full supply) is to skew the duty cycle of the overdriving signal such that the negative portion has a duration shorter than about one microsecond. The backplane disable sensing circuit will not respond to signals of this duration.

LED DEVICES

The LED devices in the family (ICM7212, 7212A, 7212M, 7212AM) provide outputs suitable for directly driving four-digit by seven-segment common-anode LED displays, including 28 individual segment drivers, each consisting of a low-leakage, current-controlled, open-drain n-channel transistor.

The drain current of these transistors can be controlled by varying the voltage at the BRighTness input (pin 5). The voltage at this pin is transferred to the gates of the output devices for "on" segments, and thus directly modulates the transistor's "on" resistance. A brightness control can be easily implemented with a single potentiometer controlling the voltage at pin 5, connected as in Fig (3). The potentiometer should be a high value (100KΩ to 1MΩ) to minimize I^2R power consumption, which can be significant when the display is off.

The BRighTness input may also be operated digitally as a display enable; when high, the display is fully on, and low fully off. The display brightness may also be controlled by varying the duty cycle of a signal swinging between the two voltages at the BRighTness input.

Note that the LED devices have two connections for GrouND; both of these pins should be connected. The

CMOS Analog Multiplexers/Demultiplexers

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

CD4067B – Single 16-Channel Multiplexer/Demultiplexer

CD4097B – Differential 8-Channel Multiplexer/Demultiplexer

The RCA-CD4067B and CD4097B CMOS analog multiplexers/demultiplexers* are digitally controlled analog switches having low ON impedance, low OFF leakage current, and internal address decoding. In addition, the ON resistance is relatively constant over the full input-signal range.

The CD4067B is a 16-channel multiplexer with four binary control inputs, A,B,C,D, and an inhibit input, arranged so that any combination of the inputs selects one switch.

The CD4097B is a differential 8-channel multiplexer having three binary control inputs A, B, C, and an inhibit input. The inputs permit selection of one of eight pairs of switches.

A logic "1" present at the inhibit input turns all channels off.

The CD4067 and CD4097 are supplied in 24-lead dual-in-line welded-seal ceramic packages (D suffix), 24-lead dual-in-line frit-seal ceramic packages (F suffix), 24-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 24-lead ceramic flat packages (K suffix), and in chip form (H suffix).

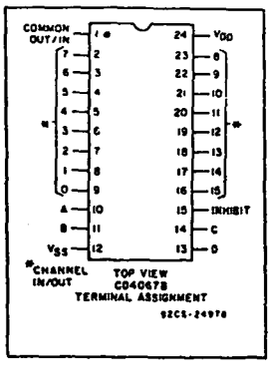
*When these devices are used as demultiplexers, the channel in/out terminals are the outputs and the common out/in terminals are the inputs.

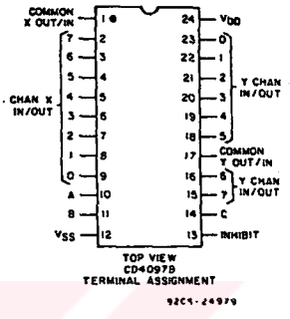
Features:

- Low ON resistance: 125 Ω (typ.) over 15 V_{p-p} signal-input range for $V_{DD}-V_{SS}=15$ V
- High OFF resistance: channel leakage of ±10 pA (typ.) @ $V_{DD}-V_{SS}=10$ V
- Matched switch characteristics: $R_{ON}=5$ Ω (typ.) for $V_{DD}-V_{SS}=15$ V
- Very low quiescent power dissipation under all digital-control input and supply conditions: 0.2 μW (typ.) @ $V_{DD}-V_{SS}=10$ V
- Binary address decoding on chip
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Standardized symmetrical output characteristics
- Maximum input current of 1 μA at 18 V over full package temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13A, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications:

- Analog and digital multiplexing and demultiplexing
- A/D and D/A conversion
- Signal gating





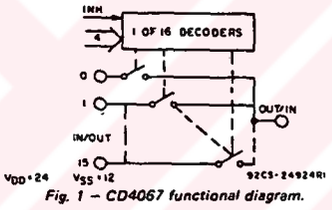


Fig. 1 – CD4067 functional diagram.

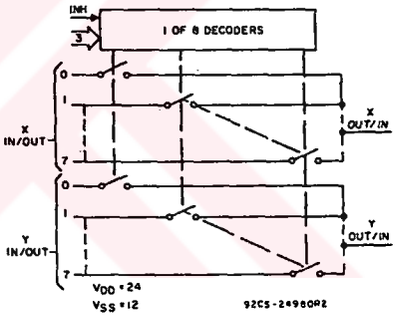


Fig. 2–CD4097 functional diagram.

Recommended Operating Conditions at T_A = 25°C (Unless Otherwise Specified)

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges. Values shown apply to all types except as noted.

Characteristic	Min.	Max.	Units
Supply-Voltage Range (T_A=Full Package-Temp. Range)	3	18	V
Multiplexer Switch Input Current Capability	–	25	mA
Output Load Resistance	100	–	Ω

NOTE:

In certain applications, the external load-resistor current may include both V_{DD} and signal-line components. To avoid drawing V_{DD} current when switch current flows into the transmission gate inputs, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.8 volt (calculated from R_{ON} values shown in ELECTRICAL CHARACTERISTICS CHART). No V_{DD} current will flow through R_L if the switch current flows into terminal 1 on the CD4067; terminals 1 and 17 on the CD4097.

CD4067 TRUTH TABLE

A	B	C	D	Inh	Selected Channel
X	X	X	X	1	None
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	2
1	1	0	0	0	3
0	0	1	0	0	4
1	0	1	0	0	5
0	1	1	0	0	6
1	1	1	0	0	7
0	0	0	1	0	8
1	0	0	1	0	9
0	1	0	1	0	10
1	1	0	1	0	11
0	0	1	1	0	12
1	0	1	1	0	13
0	1	1	1	0	14
1	1	1	1	0	15

CD4097 TRUTH TABLE

A	B	C	Inh	Selected Channel
X	X	X	1	None
0	0	0	0	0X, 0Y
1	0	0	0	1X, 1Y
0	1	0	0	2X, 2Y
1	1	0	0	3X, 3Y
0	0	1	0	4X, 4Y
1	0	1	0	5X, 5Y
0	1	1	0	6X, 6Y
1	1	1	0	7X, 7Y

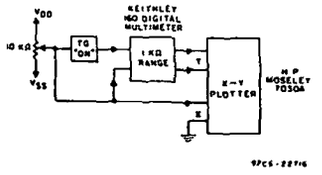


Fig. 13– Channel ON resistance measurement circuit.

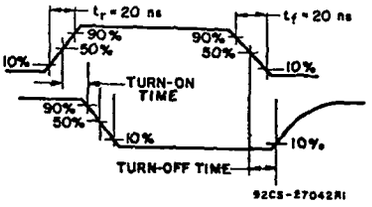


Fig. 14– Propagation delay waveform channel being turned ON (R_L = 10 K Ω, C_L = 50 pF).

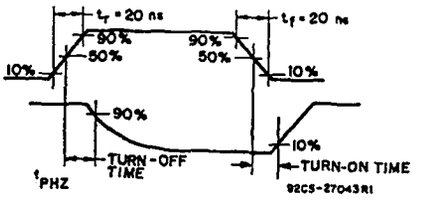


Fig. 15– Propagation delay waveform, channel being turned OFF (R_L = 300 Ω, C_L = 50 pF).

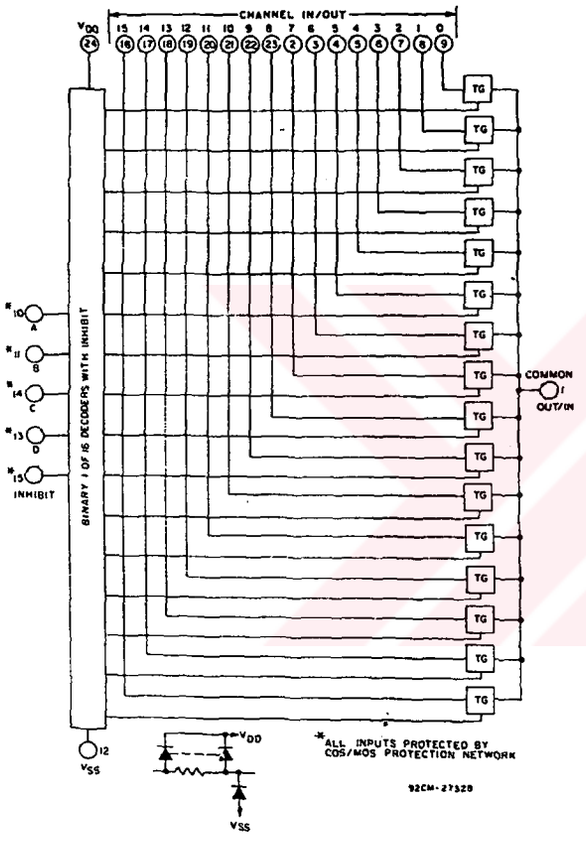


Fig. 16–CD4067 logic diagram.

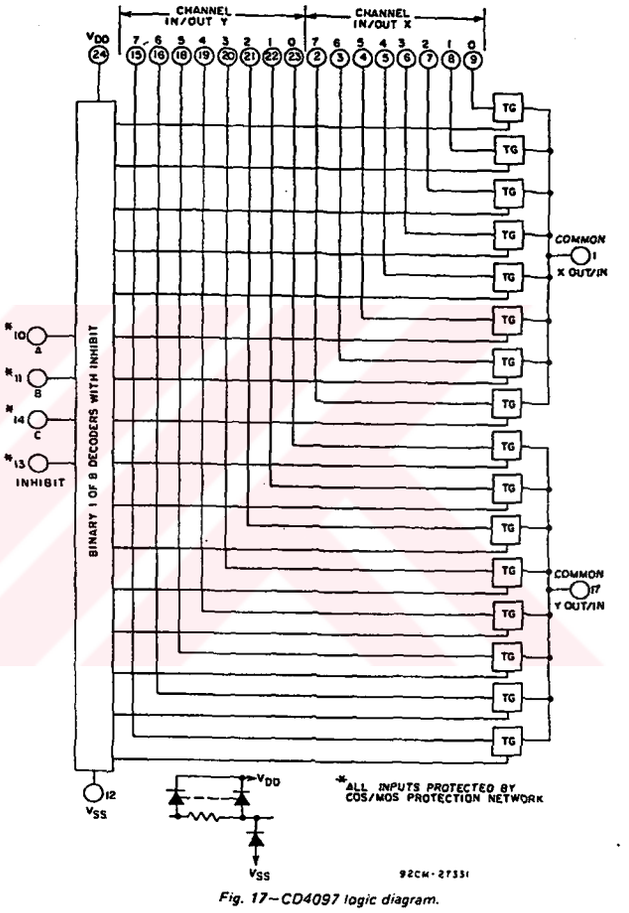


Fig. 17–CD4097 logic diagram.

CD4067B, CD4097B Types

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS at Indicated Temperature (°C) Values at −55, +25, +125 Apply to D, F, K, H pkg Values at −40,+25,+85,apply to E pkg							Units
	V_{is} (V)	V_{SS} (V)	V_{DD} (V)	−55	−40	+85	+125	+25 Min.	+25 Typ.	+25 Max.	
SIGNAL INPUTS (V_{is}) AND OUTPUTS (V_{OS})											
Quiescent Device Current, I_{DD} Max.			5	5	5	150	150	–	0.04	5	μA
			10	10	10	300	300	–	0.04	10	
			15	20	20	600	600	–	0.04	20	
			20	100	100	3000	3000	–	0.08	100	
ON-state Resistance $V_{SS} \leq V_{is} \leq V_{DD}$ r_{on} Max.		0	5	800	850	1200	1300	–	470	1050	Ω
		0	10	310	330	520	550	–	180	400	
		0	15	200	210	300	320	–	125	240	
Change in on-state Resistance (Between Any Two Channels) Δr_{on}		0	5	–	–	–	–	–	15	–	Ω
		0	10	–	–	–	–	–	10	–	
		0	15	–	–	–	–	–	5	–	
OFF Channel Leakage Current: Any Channel OFF Max. or All Channels OFF (Common OUT/IN) Max.		0	18	±100*		±1000*		–	±0.1	±100*	nA
Capacitance: Input, C_{is}		−5	5	–	–	–	–	–	5	–	pF
Output, C_{os} CD4067				–	–	–	–	–	55	–	
CD4097				–	–	–	–	–	35		
Feedthrough, C_{ios}				–	–	–	–	–	0.2		
Propagation Delay Time (Signal Input to Output	V_{DD}	R_L = 200 KΩ C_L=50 pF t_r, t_f=20 ns	5	–	–	–	–	–	30	60	ns
			10	–	–	–	–	–	15	30	
			15	–	–	–	–	–	10	20	
CONTROL (ADDRESS or INHIBIT) V_C											
Input Low Voltage, V_{IL} Max.	=V_{DD} thru 1 KΩ	R_L=1 KΩ to V_{SS} I_{IS}<2 μA on all OFF Channels	5	1.5				–	–	1.5	V
			10	3				–	–	3	
			15	4				–	–	4	
Input High Voltage, V_{IH} Min.			5	3.5				3.5	–	–	
			10	7				7	–	–	
			15	11				11	–	–	

* Determined by minimum feasible leakage measurement for automatic testing.

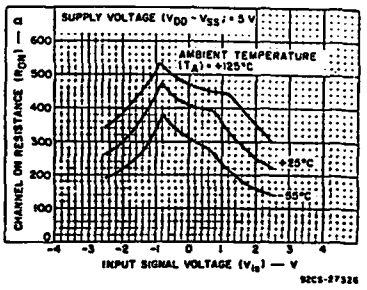


Fig. 3—Typical ON resistance vs. input signal voltage (all types).

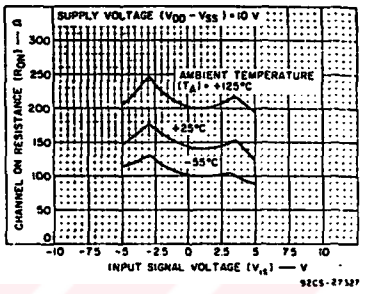


Fig. 4—Typical ON resistance vs. input signal voltage (all types).

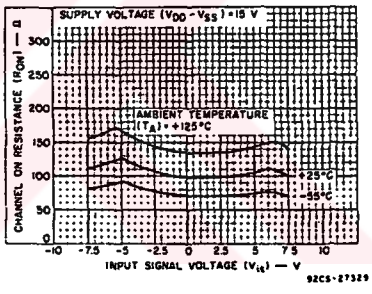


Fig. 5—Typical ON resistance vs. input signal voltage (all types).

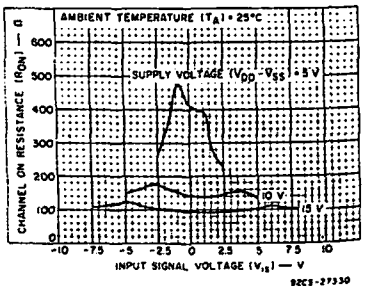


Fig. 6—Typical ON resistance vs. input signal voltage (all types).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Cont'd)

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS at Indicated Temperature (°C) Values at -55, +25, +125 Apply to D, F, K, H, pkg Values at −40,+25,+85,apply to E pkg							Units
	V_{is} (V)	V_{SS} (V)	V_{DD} (V)	−55	−40	+85	+125	+25 Min.	+25 Typ.	+25 Max.	
Input Current, I_{IN} Max.	V_{IN} = 0, 18 V		18	±0.1	±0.1	±1	±1	–	$\pm 10^{-5}$	±0.1	μA
Propagation Delay Time: Address or Inhibit-to-Signal OUT (Channel turning ON)	R_L = 10 KΩ, C_L = 50 pF, t_r, t_f = 20 ns	0	5	--	--	--	--	--	325	650	ns
		0	10	--	--	--	--	--	135	270	
		0	15	--	--	--	--	--	95	190	
Address or Inhibit-to-Signal OUT (Channel turning OFF)	R_L = 300 Ω, C_L = 50 pF, t_r, t_f = 20 ns	0	5	--	--	--	--	--	220	440	ns
		0	10	--	--	--	--	--	90	180	
		0	15	--	--	--	--	--	65	130	
Input Capacitance, C_{IN}	Any Address or Inhibit Input			--	--	--	--	--	5	7.5	pF

MAXIMUM RATINGS, *Absolute-Maximum Values:*

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD})
(Voltages referenced to V_{SS} Terminal) . . . . . −0.5 to +20 V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS . . . . . −0.5 to V_{DD} +0.5 V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT . . . . . ±10 mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D):
For T_A = −40 to +60°C (PACKAGE TYPE E) . . . . . 500 mW
For T_A = +60 to +85°C (PACKAGE TYPE E) . . . . . Derate Linearly at 12 mW/°C to 200 mW
For T_A = −55 to +100°C (PACKAGE TYPES D, F, K) . . . . . 500 mW
For T_A = +100 to +125°C (PACKAGE TYPES D, F, K) . . . . Derate Linearly at 12 mW/°C to 200 mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR
FOR T_A = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types) . . . . . 100 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A):
PACKAGE TYPES D, F, K, H . . . . . −55 to +125°C
PACKAGE TYPE E . . . . . −40 to +85°C
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg}) . . . . . −65 to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
At distance 1/16 ± 1/32 inch (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. . . . . +265°C

TEST CIRCUITS

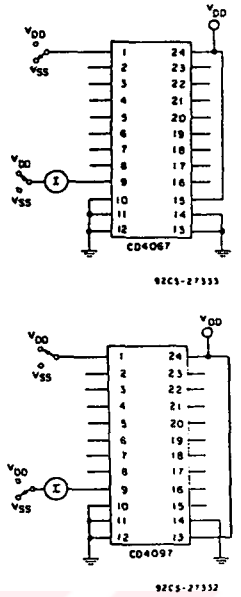


Fig. 7—OFF channel leakage current—any channel OFF.

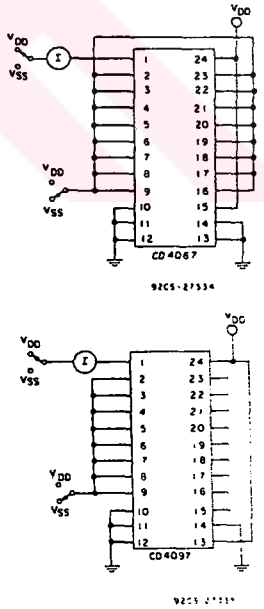


Fig. 9—OFF channel leakage current—all channels OFF

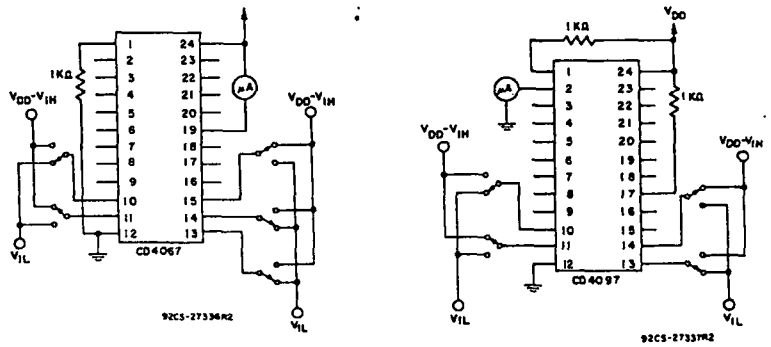


Fig. 8—Input voltage—measure <2 μA on all OFF channels (e.g., channel 12).

ÖZGEÇMİŞ

20.05.1972 yılında Konya'da doğdum. İlk, orta ve lise tahsilimi Konya'da tamamladım. 1990 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliğini kazandım. Bu bölümden 1994 yılında mezun oldum. 1995-1996 yılları arasında Elazığ 100 Yıl Endüstri Meslek Lisesinde, ardından 1996-1997 yılları arasında Sincan Endüstri Meslek Lisesinde görev yaptım. 1997 Eylül ayından bu yana Gazi Üniversitesi Elektronik Bilgisayar Eğitiminde Araştırma görevlisi olarak görev yapmaktayım.