

681.32:681.5
Ç 153 m

1415

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

MÜHENDİSLİK ARAŞTIRMA GURUBU

PROJE NO: MAG-G-456

MİKROHESAPLAYICILI KONTROL SİSTEMİ

130 - - 245

Proje Yürütücüsü : Dr. Doğan ÇALIKOĞLU

Yardımcı Araştırmacı: Dr. Halil Özcan GÜLÇÜR

Temmuz 1979, ANKARA

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU
MÜHENDİSLİK ARAŞTIRMA GRUBU
PROJE NO.: MAG-G-456

681.32 : 681.5
4153m

MİKROHESAPLAYICILI KONTROL SİSTEMİ

Proje Yürütücüsü : Dr. Doğan Çalikoğlu
ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yardımcı Araştırmacı: Dr. Halil Özcan Gülçür
ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü

ODTÜ Elektrik Mh. Bl.
Syf: 39 (Ek 4)
Ref: 29

Bu proje Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunun desteği ile ODTÜ Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.

Temmuz 1979, ANKARA

14668

Ö N S Ö Z

Son on yıl içindeki teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan ve uygulama sahaları süratle genişleyen mikro-işlemciler ile yan birimleri, çeşitli tasarım yaklaşımlarında yeniliklere sebep olmuşlardır. Programlanabilmenin verdiği esneklikleri ve yapım teknolojisinin sağladığı ucuzlukları, hızla yayılmalarında en etkin olan unsurlardandır.

Burada yapılan çalışmada hem kontrol uygulamalarında kullanılacak bir mikrohesaplayıcı sistemi gerçekleştirilmiş, hem de sözü edilen ürünlerin kullanımında tecrübe kazanılmıştır.

Bölüm 1 de araştırmanın amacı belirtilmiş ve bu konuda yapılan diğer çalışmalardan bahsedilmesinin yanı sıra mikro-işlemciler üzerinde önemle durulmuştur. Bölüm 2 de mikrohesaplayıcı sistemi anlatılmış ancak ayrıntıları ise EK-1 de verilmiştir. Bölüm 3 de silinir programlı ancak okunan hafızalar için geliştirilen bir programlama ve silme cihazı anlatılmıştır. Bunun ayrıntıları da Ek-3 de belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Bölüm 4 de tartışılmıştır.

Çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunun sağladığı mali olanaklar ve ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümünün sağladığı malzeme ve cihazlar sayesinde mümkün olmuştur.

Temmuz 1979

Dr. Doğan Çalikoğlu

İ Ç İ N D E K İ L E R

Sahife

	<u>Sahife</u>
ÖNSÖZ	i
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ABSTRAKT	vii
ABSTRACT	viii
BÖLÜM 1 <u>GİRİŞ</u>	1
1.1. Araştırmanın Amacı	1
1.2. Mikroişlemciler	1
1.2.1. Mikroişlemcilerin Uygulama Alanları	2
1.2.2. Mikroişlemcilerin Çeşitleri ve Yapım Teknolojileri	3
1.2.3. Mikroişlemcilerin Seçim Açısından Önemli Özellikleri	6
1.3. Mikrohesaplayıcı Sistemlerle İlgili Çalışmalar	8
1.4. Gerçekleştirilen Mikrohesaplayıcı Sisteminin Temel Yapısı ve Taşıdığı Önem	10
BÖLÜM 2 <u>MHS, MİKROHESAPLAYICI SİSTEMİ</u>	12
2.1. IM6100 Mikroişlemcisi	12
2.1.1. IM6100'ün Mimarisi	12
2.1.2. Komut Kümesi	17
2.2. Hafıza	18
2.2.1. MOS Uçucu Hafıza Kartı	19
2.2.2. Pil Destekli CMOS Kalıcı Hafıza Kartı	19
2.2.3. SPAOH Kartı	20
2.3. Çeviriciler	20
2.3.1. Sayı/Gerilim Çeviricileri	20
2.3.2. Gerilim/Sayı Çeviricisi ve Çoğaltıcı	22
2.4. Kumanda Levhası	23
BÖLÜM 3 <u>SPA0H-PSC CİHAZI</u>	27
3.1. Cihazın Programlama ve Okuma Sistemi	27
3.2. Cihazın Silme Kısmı	31

BÖLÜM 4	<u>SONUÇ</u>	33
Şekil 1	ÖZET	35
Şekil 2	SUMMARY	36
Şekil 3	KAYNAKLAR	37
Şekil 4		
EK - 1	<u>MHS'Yİ OLUŞTURAN DEVRELER VE ARALARINDAKİ BAĞLANTILAR</u>	E1
Şekil E1		
Şekil E2	E1.1. MHS'nin Kartları ve Kumanda Levhası	E1
Şekil E3	E1.2. Yuva Bağlantıları	E2
Şekil E4	E1.3. Kartların Devreleri.....	E13
Şekil E5		
EK - 2	<u>1702 SPAOH DEVRESİNİN PROGRAMLANMA ŞARTLARI</u>	E28
Şekil E6		
EK - 3	<u>SPAOH-PSC CİHAZININ DEVRELERİ VE ARA BAĞLANTILARI</u>	E31
Şekil E7		
Şekil E8	E3.1. Cihazın Kartları	E31
Şekil E9	E3.2. Yuva Bağlantıları	E31
Şekil E10	E3.3. Kartlarda Yer Alan Devreler	E36
Şekil E11		
EK - 4	<u>SPAOH-PSC KONTROL PROGRAMI</u>	E42
Şekil E12		
Şekil E13		
Şekil E14		
Şekil E15		
Şekil E16		
Şekil E17		
Şekil E18		
Şekil E19		
Şekil E20		
Şekil E21		
Şekil E22		
Şekil E23		
Şekil E24		
Şekil E25		
Şekil E26		
Şekil E27		
Şekil E28		
Şekil E29		
Şekil E30		
Şekil E31		
Şekil E32		
Şekil E33		
Şekil E34		
Şekil E35		
Şekil E36		
Şekil E37		
Şekil E38		
Şekil E39		
Şekil E40		
Şekil E41		
Şekil E42		
Şekil E43		
Şekil E44		
Şekil E45		
Şekil E46		
Şekil E47		
Şekil E48		
Şekil E49		
Şekil E50		
Şekil E51		
Şekil E52		
Şekil E53		
Şekil E54		
Şekil E55		
Şekil E56		
Şekil E57		
Şekil E58		
Şekil E59		
Şekil E60		
Şekil E61		
Şekil E62		
Şekil E63		
Şekil E64		
Şekil E65		
Şekil E66		
Şekil E67		
Şekil E68		
Şekil E69		
Şekil E70		
Şekil E71		
Şekil E72		
Şekil E73		
Şekil E74		
Şekil E75		
Şekil E76		
Şekil E77		
Şekil E78		
Şekil E79		
Şekil E80		
Şekil E81		
Şekil E82		
Şekil E83		
Şekil E84		
Şekil E85		
Şekil E86		
Şekil E87		
Şekil E88		
Şekil E89		
Şekil E90		
Şekil E91		
Şekil E92		
Şekil E93		
Şekil E94		
Şekil E95		
Şekil E96		
Şekil E97		
Şekil E98		
Şekil E99		
Şekil E100		

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sahife</u>
Şekil 1 : MHS'nin blok şeması	13
Şekil 2 : MHS'nin görünüşü	24
Şekil 3 : SPAOH-PSC'nin programlama ve okuma sistemi blok şeması	28
Şekil 4 : SPAOH-PSC cihazının önden görünüşü. Burada cihazın mor ötesi için koruma kapağı çıkartılmış durumdadır.....	31
Şekil E1 : Hafıza Erişim Kontrol Kartı.....	E14
Şekil E2 : Mikroişlemci Kartı	E15
Şekil E3 : Hafıza Ara Kartı	E16
Şekil E4 : MOS Uçucu Hafıza Kartı	E17
Şekil E5 : Pil Destekli CMOS Kalıcı Hafıza Kartı...	E18
Şekil E6 : SPAOH Kartı.....	E19
Şekil E7 : Giriş-Çıkış Darbesi Üretim Kartı.....	E20
Şekil E8 : Sistem Gerilimi Kontrol Kartı (Komutlar)	E21
Şekil E9 : Sistem Gerilimi Kontrol Kartı (k değeri üretimi).....	E22
Şekil E10: SG1(SG2) Kartı	E23
Şekil E11: Adım Kontrol Kartı.....	E24
Şekil E12: Gerilim/Sayı Çevirici Kartı.....	E25
Şekil E13: Kumanda Levhası Veri Kayıtı Kısmı.....	E26
Şekil E14: Kumanda Levhası Adresleme Kayıtı Kısmı..	E27
Şekil E15: 1702 SPAOH devresinin katalogunda gösterilen programlama hali doğru akım karakteristikleri ve uçlarının dizilimi.	E29
Şekil E16: 1702 SPAOH devresinin programlanması için katalogunda gösterilen darbeler ve zamanları	E30
Şekil E17: (a) SPAOH bilgi çıkışlarını ara kayıt girişlerine bağlayan araçlardan birisi (Kart A); (b) Bir bilgi yükselteci (Kart A); (c) Bir adres yükselteci (Kart B).....	E37
Şekil E18: (a) VDD, VGG yükselteci (Kart B); (b) Yükselteç besleme kontrol devresi (Kart C)	E38

Sahife

- Şekil E19: (a) -48 volt güç kaynağı (Kart C);
(b) -10 volt güç kaynağı (Kart C);
(c) 12 volt güç kaynağı (Kart D).....E39
- Şekil E20: (a) V_{BB} kontrol devresi (Kart D);
(b) 5 volt güç kaynağı (Kart D);
(c) V_{CC} kontrol devresi (Kart D).....E40
- Şekil E21: Sayısal kontrol devreleri (Kart D).....E41

TABLO LİSTESİ

	<u>Sahife</u>
Tablo 1.1: Günümüzde Pazarlanmakta Olan Mikroişlemciler.....	4
Tablo 2.1: Sayı/Gerilim Çevirici Komutları.....	22
Tablo 2.2: Gerilim/Sayı Çevirici ve Çoğaltıcı Komutları	23

A B S T R A K T

O.D.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümünün Kontrol Laboratuvarındaki deneylerinde kullanılmak üzere bir mikrohesaplayıcı sistemi geliştirilmiştir. IM6100. mikroişlemcisinin temelini oluşturduğu sistem, bir PDP-8 minihesaplayıcısı ile irtibatlandırılmış, aralarında program ve bilgi alış verişi kurulmuştur. Sistemin bir kısım hafızasını "Silinir Programlı Ancak Okunan Hafıza"lar oluşturmaktadır. Bunlar için PDP-8'in kontrolunda çalışan bir programlama ve silme cihazı yapılmıştır.

A B S T R A C T

A microcomputer system has been developed to be used in the experiments, in the Control Laboratory of the Electrical Engineering Department of the M.E.T.U. The system which is based on an IM6100 microprocessor is linked with a PDP-8 minicomputer and program and data interchange is established between them. Erasable Programmable Read Only Memories form a part of the system's memory. For these, a programming and erasing device is implemented which works under the PDP-8's control.

BÖLÜM 1

G İ R İ Ş

1.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Tek başına veya birkaçı yanyana getirildiğinde bir hesaplayıcının (computer) merkezi işlem birimini oluşturabilecek mantıki yapıya sahip olan çok geniş çapta tümleşik devrelere mikroişlemciler denir. Bir mikroişlemciye hafıza eklenirse, mikrohesaplayıcı elde edilmiş olur. Tek tümleşik devre halinde imal edilen küçük hafızalı mikrohesaplayıcılar olduğu gibi, çeşitli yardımcı devre ve giriş-çıkış birimlerinin bağlanmasıyla kapasiteleri mini-hesaplayıcılara yaklaşan mikrohesaplayıcılar da vardır.

Bu araştırmada amaç, son yıllardaki teknolojik gelişmeler neticesi mikroişlemciler gibi tümleşik devreler haline getirilmiş hesaplayıcı birimlerinden yararlanarak kontrol uygulamalarına elverişli ve özellikle O.D.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümünün Kontrol Laboratuvarındaki deneylerinde kullanılacak bir mikrohesaplayıcı sistemi gerçekleştirmek olmuştur.

1.2. MİKROİŞLEMCİLER

Bir mikrohesaplayıcının en etkin birimi olan mikroişlemcilerin üzerinde özellikle durmak gerekir. Günümüzün tümleşik devre teknolojisi bir yarı iletken yongası (chip) üzerine binlerce tranzistör yerleştirebilecek boyutlara ulaşmıştır. Az sayıda yapıldıklarında böyle geniş çapta tümleşik devrelerin birim maliyetleri çok yüksek olduğundan yarı iletken yapımcıları özel amaçlı fakat pazarı kısıtlı ürünler yerine çok değişik fonksiyonlar üstlenebilecek yetenekte, dolayısıyla pazarı geniş ve birim fiyatı düşük olacak bir ürün araştırmışlardır. Sonuç olarak programlanabilme yeteneği ile istenen esnekliği sağlayan mikroişlemciler ortaya çıkmış ve 1971'de ilk defa piyasaya sürülmüştür [1].

1.2.1. Mikroişlemcilerin Uygulama Alanları

Mikroişlemcilerin ilk akla gelen uygulaması ucuz hesaplayıcı sistemleri gerçekleştirmektir. Ancak sahip oldukları potansiyelin daha belirgin olarak görüldüğü uygulamalar üç kısma ayrılabilir: (1) Mantık tasarımı alanındaki uygulamaları, (2) Veri edinme, kontrol ve otomasyon sistemlerindeki uygulamaları, (3) "Marifetli" cihazların yapımlarındaki uygulamaları [1].

Evvelden beri kullanıla gelmiş olan "klasik" diyebileceğimiz mantık tasarımı yaklaşımlarıyla istenen bir mantığın gerçekleştirilmesi, bilindiği gibi çeşitli mantık bileşenlerinden oluşan bir mantık devresinin kurulmasıyla elde edilmektedir. Bu yaklaşım doğal olarak, her mantık tasarımı için ayrı bir devreyi gerektirir. Her devrenin ise kendine has tasarım zorlukları, hata kaynakları ve bakım güçlükleri vardır. Ayrıca mevcut bir mantık tasarımında yapılması istenecek küçük değişiklikler ve ekler dahi devrelerin ve bağlantıların değişmesini zorunlu kılar.

Ucuzlayan fiyatlarıyla mikroişlemciler yeni bir mantık tasarımı yaklaşımına yol açmışlardır. "Mikroişlemcili mantık tasarımı" diyebileceğimiz bu yaklaşımda gerçekleştirilmek istenen mantık mikroişlemciye programlanır. Dolayısıyla her mantık tasarımı için ayrı bir devre gerekmez, ayrı bir program yeterli olur. Donanım tasarımı zorlukları yerlerini sistematik programlama tekniklerine bırakır. Hata kaynakları kolay izole edilir. Hesaplayıcılar için geliştirilmiş otomatik bakım yöntemlerinden yararlanılabilir. Mevcut bir mantık tasarımında yapılması istenecek değişiklikler ve geliştirmeler sürat ve kolaylıkla program üzerinde yapılır. Bunların yanı sıra, mikroişlemcili tasarımlar genellikle klasik tasarımlardan daha az sayıda bileşen gerektirdikleri için istatistiksel güvenilirlikleri daha fazladır. [2].

Yukarıda sayılan üstünlüklere karşılık hatırd tutulmalıdır ki, mikroişlemcilerin devre yoğunluğu fazladır ve çalışmaları program izleme esasına dayanmaktadır. Bu iki unsur mikroişlemcili sistemlerde sürat hududunu oluştururlar. Dolayısı ile daha yüksek sürat gerektiren uygulamalarda yine klasik mantık tasarımı yaklaşımlarına başvurulur.

Mikroişlemcilerin veri edinme, kontrol ve otomasyon sistemlerindeki uygulamaları kavramsal olarak yeni değildir. Bunlar evvelce kullanılmakta olan minihesaplayıcıların yerlerini almaktadırlar. Ne var ki, ucuz ve kolay bulunur olmaları dolayısı ile taşıdıkları bilgi işlem yeteneklerinin daha çok sayıda uygulamalara intikal etmesi olanağı doğmuştur. Böylece hesaplayıcı desteği olmaksızın çok karmaşık bir hal alacak büyük sayıda çözümlerin basitleştirilmesi ve sistematikleştirilmesi mümkün olmuştur.

Mikroişlemciler aynı zamanda, endüstriyel cihazlar, elektronik ölçü cihazları ve bazı elektrikli ev eşyaları gibi çeşitli cihazlara bilgi işlem yeteneklerinin girmesini mümkün kılmışlardır. Sonuç olarak kullanıcıya sağlanan kolaylıklar büyük ölçüde arttırılmıştır. Mikroişlemcilerin somut uygulama örneklerinden ileride bahsedilmiştir.

1.2.2. Mikroişlemcilerin Çeşitleri ve Yapım Teknolojileri

Günümüzde pazarlanmakta olan tanınmış bazı mikroişlemciler [3] Tablo 1.1. de gösterilmiştir. Çeşitlerinin çok olmasının başlıca sebepleri, değişik firmalarca yapılmaları, değişik uygulamalara ve maliyetlere dönük olmaları ve ilerleyen teknolojiye göre yeni tiplerinin çıkmasıdır. Piyasaya ilk olarak 4-bitlik mikroişlemciler çıkmıştır (Intel 4004). Daha sonra 8-bitlik, 12-bitlik ve 16-bitlik mikroişlemciler yapılmıştır. Tablonun alt satırlarında görüldüğü gibi bit dilimli denen türde

mikroişlemciler de vardır. Bunların herbiri aslında uzun bir mikroişlemcinin 2 veya 4 bitlik bir dilimi şeklinde imal edilmişlerdir. Alan müşteri dilediği kadar dilimi yan yana koyarak istediği bit uzunluğunu elde eder. Sonra mikroprogramlama yoluyla temel komutlarını tanımlar. Böylece arzusuna uygun olan merkezi işlem birimini gerçekleştirmiş olur [4].

TABLO 1.1

Günümüzde Pazarlanmakta Olan Mikroişlemciler

Mikroişlemci	Yapım Teknolojisi	Hafıza Adreşleme Kapasitesi	Yapımcı
(4-bitlikler:)		(1K=1024)	
4004	p-MOS	4K	Intel
4040	p-MOS	4K	Intel (National)
PPS-4	p-MOS	4K	Rockwell(National)
PPS-4/1	p-MOS	8K	Rockwell
(8-bitlikler:)			
8A9002	n-MOS	64K	Electronic Arrays
8-B	n-MOS	64K	Fairchild (Mostek)
8008-1	p-MOS	16K	Intel
8080A	n-MOS	64K	Intel(AMD, TI, NEC, Siemens)
8048	n-MOS	2K	Intel(Yonga üzerinde 512 bit hafıza)
8502	n-MOS	64K	MOS Technology
8065	p-MOS	32K	Mostek
8800	n-MOS	64K	Motorola (AMI)
80C/MP	p-MOS	64K	National
80C/MP II	n-MOS	64K	National
8801	CMOS	64K	RCA
8802	CMOS	64K	RCA
8PS-8	p-MOS	32K	Rockwell (National)
8PS-8/2	p-MOS	32K	Rockwell
8PSG	n-MOS	32K	Signetics

300	TTL-S	8K	Scientific Micro Systems
Z-80	n-MOS	64K	Zilog
(12-bitlikler:)			
6100	CMOS	4K	Intersil (Harris)
TLCS-12	n-MOS	4K	Toshiba
(16-bitlikler:)			
CP 1600	n-MOS	64K	General Instruments
MCP-1600	n-MOS	64K	Western Digital
LSI-11	n-MOS	64K	Western Digital
IMP-16	p-MOS	64K	National
PACE	p-MOS	64K	National
PFL-1600A	n-MOS	64K	Pana Facom
TMS-9900	n-MOS	64K	Texas Instruments
(bit dilimliler:)			
2901	TTL	64K	Advanced Micro Devices (Motorola, Raykon)
9400	TTL	64K	Fairchild
3002	TTL	512	Intel (Signetics)
6701	TTL	64K	Monolithic Memories
10800	ECL	64K	Motorola
SBPO400	I ² L	64K	Texas Instruments

(Parantez içinde belirtilen firmalar, o ürünün diğer temin kaynaklarıdır.)

Kullanılan yapım teknolojileri arasında en kolay olana p-MOS teknolojisidir. Ancak, düşük hız vermekte ve standard TTL devreleriyle bağlanmalarında bazı güçlükler olmaktadır. n-MOS teknolojisi biraz daha zor olmakla beraber p-MOS teknolojisinde sözü geçen kusurları ortadan kaldırmaktadır. CMOS teknolojisinin en belirgin özelliği az güç sarfiyatıdır. Sağlanan hızlar ise n-MOS teknolojisindekiler derecesindedir. TTL teknolojisi ile yukarıda sayılanlara nazaran daha yüksek hızlar elde edilebilmektedir. Bunda da güç gereksinimi fazla ve devre yoğunluğu düşük

olmaktadır. ECL teknolojisi bu gün 1 nano saniyenin epeyce altına inen geçit yayılma gecikmeleriyle hız bakımından rakipsizdir. Ancak, TTL standardına uymayan mantık seviyeleri, yüksek maliyeti, fazla güç sarfiyatı ve düşük devre yoğunluğu ile ürünleri piyasada aranan ve kolay bulunan bir teknoloji değildir. Son sırada **gösterilen** I²L (Intregated Injection Logic) teknolojisi yeni çıkmış bir teknolojidir. Hem TTL teknolojisinin üstünlüklerini taşıyan, hem de güç gereksinimini daha az ve devre yoğunluğu daha fazla olan ürünlerin imalinde istikbal vadetmektedir [5].

1.2.3. Mikroişlemcilerin Seçim Açısından Önemli Özellikleri

İlk çıkan mikroişlemcilerin daha ziyade elektronik el hesap makinalarında kullanılması amaçlanmaktaydı. Bu gün ise 64K baytlık hafıza kullanabilecek mikroişlemciler yapılmıştır. Mikroişlemciler arasında çeşitli farklar olmakla beraber bu farkların aynı doğrultuda olmaları, değerlendirilmeleri için evrensel bir ölçünün tanımlanmasına imkân vermemektedir. Bu itibarla mikroişlemci seçiminde özel gereksinimleri ve mevcut mikroişlemcilerin özelliklerini dikkatle karşılaştırmak gerekmektedir. Göz önüne alınacak noktalar aşağıdaki gibi ayrımlanabilir.

- 1) Mimarî - Kelime uzunluğu (word length), giriş/çıkış kapasitesi, yığılma (stack) ve çalışma kayıtları (work register) doğrudan hafızaya erişme yeteneği, hafıza adresleme kapasitesi, program ve veri hafızasının ayrılmış olup olmadığı, program kesme (interrupt) girişleri olup olmadığı ve varsa kaç düzeyli olduğu, hafıza ve giriş/çıkış kapasitesinin arttırılıp arttırılamayacağı, çok işlemcili bir düzene kolayca uyup uyamayacağı gibi özellikleri teker teker incelenmelidir [6].

- 2) İşleme hızı - İşleme hızını belirlemek için imalatçıların verdikleri makina devir süresi (machine cycle time) yeterli değildir; çünkü bir temel komutun ifası bazen çok sayıda makina devrini gerektirebilir. Dolayısıyla mikroişlemcinin ortalama hızını belirlemek için hem makina devir süresini, hem de sık geçen komutların kaç makine devri gerektirdiğini bilmek zorunludur.
- 3) Komut kümesi - Bir mikroişlemcinin etkinliğinde komut kümesinin oluşumu büyük rol oynar. Önemli olan komutların çokluğundan ziyade işlemsel açıdan eksiksiz ve güçlü olmalarıdır. Örneğin, pahalı bir mikroişlemcinin 1000 komutla yaptığı işi daha ucuz ve aynı hızda görünen bir mikroişlemci komutlarının zayıflığı nedeniyle 1400 komutla yapabiliyorsa, hem etkin hızı daha düşük olur, hem de toplam maliyeti ilâve hafıza gereksinimi kadar fazla olur. Bu durum sadece donanım açısından değildir. Yazılım açısından da güçlü komutların sağlayacağı programlama kolaylığı ile zayıf komutların doğuracağı zorluk karşılaştırılmalıdır. Literatürde Barton ve Dagless'in[7] yaptığı incelemeler bu konuda oldukça yararlıdır.
- 4) Toplam Maliyet - Toplam maliyeti önceden kestirmek kolay olmayabilir. Ancak bir önceki paragrafta değinilen noktaya ek olarak, mikroişlemcinin çalışabileceği en küçük sistemin vasıfları incelenmelidir. Örneğin toplam kaç tümleşik devre olması icap ettiği, program hafızası büyüklüğü, veri hafızası büyüklüğü, Programlı Ancak Okunan Hafıza (PAOH) geliştirme imkânı, Ancak Okunan hafıza ve PAOH sistemlerinin elektriksel ve fiziksel uyumluluğu, giriş-çıkış hatları,

darbe çıkışları, zamanlayıcı, sırasal giriş-çıkış, saat devresinin yonga üstünde mi olduğu, saatin R/C kontrollü mu olduğu, güç sarfiyatı, düşük güçte bekleme özelliğinin olup olmadığı, gerekli güç kaynakları gibi hususlara dikkat edilmelidir [6] .

5) Diğer temin kaynakları ve güvenilirliği - Seçilen bir mikroişlemciden ileride tekrar satın alınması söz konusuysa, o mikroişlemcinin birden fazla imalatçısı ve temin kaynağı olması önem kazanır. Mikroişlemcinin arıza yapma ihtimalinin az olması istendiği takdirde o zamana kadar ki kullanımlarda nasıl bir isim yaptığı istatistiklerden araştırılmalıdır.

6) Yazılım desteği - Genel olarak hesaplayıcı sistemlerinde yazılım maliyet açısından büyük yer tutmaktadır. Çeşitli firmaların sağladıkları yazılımlar ve yazılım hazırlama kolaylıkları bu maliyeti düşürücü yönde olmaktadır. Dolayısı ile seçilecek belli bir mikroişlemci için bu tür desteklerin ne ölçüde olduğu, hemen amaç programları hazırlama safhasına geçilebilecek mi yoksa program hazırlamak için yardımcı yazılım geliştirme safhasında mesai mi harcanacak belirlenmelidir.

1.3. MİKROHESAPLAYICILAR SİSTEMLERLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Mikrohesaplayıcılar ortaya çıktıkları andan itibaren kısım 1.2.1.de değinilen çeşitli alanlarda pek çok sayıda uygulamalar bulmuş; mikroişlemci, hafıza ve diğer yardımcı bileşenler çeşitli biçimlerde birleştirilerek değişik amaçlara uygun hale getirilmişlerdir. Bunlardan ve kullanıldığı sistemlerden bahseden kitaplar çıkmıştır [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] . Özellikle Lin'in derlediği kitapta [15] mantık

tasarımı ve endüstriyel cihazlar alanlarındaki uygulamalardan örnekler vardır. Bunlardan başka endüstriyel alanda Donaghey'in [16] anlattığı bir çalışmada kimyevi bazı işlemleri kontrol eden bir mikrohesaplayıcı sistemi geliştirilmiştir. Linnenbrink ve Benlig [17] , PACER adını verdikleri çok mikroişlemcili bir sistem geliştirerek otomatik imalat işlemlerinde genellikle yararlanılan merkezî bir minihesaplayıcının yerine kullanmışlardır. Przbylski ve arkadaşları [18] , mikroişlemci, operatör ve bir vana arasında emniyetli ve maliyetinin hakkını veren bir otomatik kontrol devresini anlatmışlardır. Kullandıkları mikroişlemci kendileri tarafından özel olarak tasarlanmıştır. Sharp ve Unger'in [19] yaptıkları çalışma mikroişlemcili kontrolün oldukça hassas ve emniyetli bir sistemin elde edilmesinde kullanılması bakımından ilginçtir. Endüstrideki mikrohesaplayıcı uygulamalarına diğer örnekler olarak Einolf ve arkadaşları [20] ile Ringel ve Tanburri [21] gösterilebilir.

John ve Clarke'in [22] çalışmaları mikroişlemcili mantık tasarımının güzel bir örneğidir. Burada senkron makinelerin uyarma devrelerindeki mantığın yerini alan ve sistem esnekliğinin artmasını sağlayan bir tasarım anlatılmıştır. Nagle ve Irwin [23] çalışmalarında mikrohesaplayıcıyı bir veri edime sisteminin denetimcisi olarak kullanmışlardır. Mikroişlemcilerin ucuz hesaplayıcı yapımında kullanılmalarına tipik bir örnek IBM 5100 dür [24]. APL ve BASIC programlama dillerini kabul eden 16K bayt hafıza kapasiteli bu hesaplayıcının aynı zamanda taşınabilir olduğu söylenmektedir. Mikrohesaplayıcıların bulunduğu sistemler ve uygulamaların oldukça büyük sayıda olmaları, burada her birine yer verme alanlarını tanımamaktadır.

1.4. GERÇEKLEŞTİRİLEN MİKROHESAPLAYICI SİSTEMİNİN TEMEL YAPISI VE TAŞIDIĞI ÖNEM

Bu projede gerçekleştirilen ve kısaca MHS diyeceğimiz sistem, araştırmanın yürütüldüğü kuruluştaki bulunan "Digital Equipment Corporation" firması yapımı bir PDP-8 minihesaplayıcısı göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Hafızası her biri 12 bit uzunluğundaki 4K kelimedenden oluşan PDP-8, dokuz senedir kullanılan, üzerinde geniş programlama tecrübesi edinilmiş, ve birçok hazır programları birikmiş bir hesaplayıcıdır. Diğer taraftan Intersil firmasının imal ettiği ve IM6100 denen mikroişlemci, PDP-8'in bütün komutlarını ihtiva etmektedir [25]. Gerçekleştirilen sistemde PDP-8'in birikmiş program potansiyelinden ve yeni programlar geliştirme kolaylıklarından istifade edilebilmesi için IM6100 mikroişlemcisi doğal tercih olmuştur. MHS'nin çevre birimleriyle fiziksel bağlantısını basitleştirmek amacıyla giriş-çıkış birimi olarak PDP-8 kullanılmıştır. Böylece PDP-8'e zaten bağlı olan bir hızlı kâğıt şerit okuyucu ve bir uzak yazı makinesi vasıtasıyla MHS'nin dışarıyla irtibatı sağlanmıştır.

MHS'nin hafızası PDP-8'inkiyle aynı hacimdedir ve üç türden oluşabilmektedir: (1) MOS uçucu hafıza, (2) pil destekli CMOS kalıcı hafıza, (3) Silinir Programlı Ancak Okunan Hafıza (SPA0H), CMOS veya SPA0H türü hafıza kısmı kullanılarak MHS'yi belli bir yerde (örneğin PDP-8 in yanında) programlıyarak diğer bir yere taşıyıp orada kullanmak mümkündür. SPA0H'ların programlanması için özel bir cihaz, silinmeleri için ise çok kısa dalgalı mor ötesi ışın gerekmektedir. Bu maksatlarla SPA0H Programlama ve Silme Cihazı (SPA0H-PSC) adını verdiğimiz bir cihaz MHS'ye ek olarak geliştirilmiştir. Bir kere programlandıktan sonra muhafazası için itina göstermek istemeyen SPA0H'lar,

uzun süre saklanacak ve kullanılacak programlar için son derece uygun olmaktadır. Öte yandan kısa bir süre için saklanması gereken programlarda yazma ve silme kolaylığı açısından CMOS hafıza tercih edilmektedir.

MHS'nin kontrol uygulamalarına elverişli olmasını sağlayan dört adet sayı/gerilim çevirici, bir adet gerilim/sayı çevirici ve gerilim girişlerini çoğaltan bir çoğaltıcı (multiplexer) devresi vardır. Bunların aracılığıyla MHS herhangi bir sistem üzerindeki gerilimleri okuyabilmekte ve kontrol edebilmektedir.

Bu sistemin tamamlanmasıyla elde edilen önemli sonuçlar şunlardır: Teknolojik gelişmelerin son ürünlerinden olan büyük çapta tümleşik devrelerin kullanımı üzerinde tecrübe kazanılmıştır. Genel maksatlı bir hesaplayıcı elde edilmiştir. Araştırma yerinde bulunan kontrol laboratuvarının otomatik kontrol deneylerindeki hesaplayıcı gereksinimi karşılanmıştır. MHS aynı zamanda sanayideki benzer kontrol düzenlerinde yer alabilecek bir hesaplayıcı sistemi modelini oluşturmaktadır. Bu arada SPAOH-PSC cihazı da elde edilmiştir. Mantık tasarımlarında çok önemli bir yer kaplayan Ancak Okunan Hafızalar, genellikle fabrikalarına ısmarlanır ve tedariki uzun zaman alır. Bu cihaz sayesinde eldeki Silinir Programlı tipler ile Ancak Okunan Hafıza isteklerinin kısa zamanda karşılanması mümkün olacaktır.

BÖLÜM 2

MHS, MİKROHESAPLAYICI SİSTEMİ

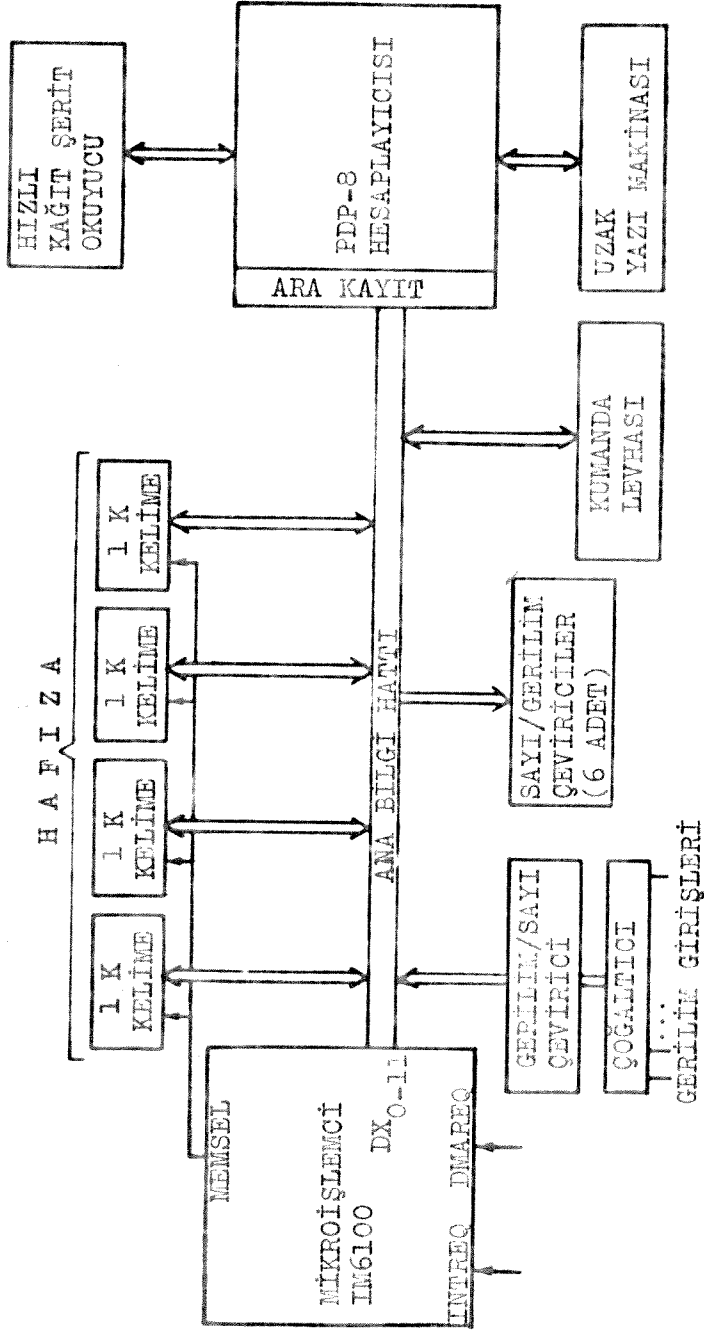
MHS'nin blok şeması Şekil 1 de görülmektedir. Hafızalar, sayı-gerilim çeviricileri, gerilim-sayı çeviricisi, mikroişlemci ve kumanda levhasınının bağlı oldukları bir Ana Bilgi Hattı vardır. PDP-8'in MHS ile irtibatı da bir ara kayıtla (buffer register) bu hatta bağlanması suretiyle sağlanmıştır. Sistemi oluşturan devreler ve aralarındaki bağlantılar Ek-1 de verilmiştir. Aşağıdaki kısımlarda MHS'yi oluşturan bloklar tanıtılmaktadır. PDP-8 ve ara kayıtlı hakkında ayrıntılı bilgi ise Kaynak [26]'da vardır.

2.1. IM6100 MİKROİŞLEMCİSİ

IM6100 tek adresli, sabit kelime uzunluklu, paralel bilgi aktarmalı ve 12 bitlik 2'nin tanımlanması aritmetiğini kullanan bir mikroişlemcidir. PDP-8'den biraz daha gelişkin ve aynı firmanın yapımı olan PDP-8/E minihesaplayıcısı ile aynı komut kümesine sahiptir. İç devreleri tamamen durgundur ve sıfır ile en yüksek çalışma frekansı arasında her hangi bir hızda çalışabilir. İmalat tekniğinin CMOS olması nedeni ile harcadığı çalışma enerjisi en fazla 10 mW civarındadır [27].

2.1.1. IM6100'ün Mimarisi

Programcı açısından IM6100'ün dört adet 12 bitlik kayıtlı vardır. Birikeç (Accumulator) denen kayıt, aritmetik ve mantık işlemlerinin yapıldığı yerdir. Veri kelimeleri hafızadan birikeçe veya birikeçten hafızaya alınabilirler. Program kontrolunda birikeçi silmek, tanımlamak, test etmek, arttırmak veya sağa sola kaydırmak gibi işlemler mümkündür. Birikeç aynı zamanda bütün programlı giriş-çıkış veri transferlerinde verinin geçtiği kayıttır. MQ Kayıtlı diye anılan kayıt, birikeçte ki



Şekil 1: MHS'nin blok şeması

ara neticeleri tutmak, birikeçle muhteva değiştirmek, birikeç ve MQ kayıtlı muhtevalarını "VEYA" ladıktan sonra birikeçe yüklemek işlenlerinde kullanılır. Hafıza Adresleme Kayıtı (Memory Address Register) hafıza erişimlerinde erişilecek hafıza yerini belirler. Program Sayaç (Program Counter), ifa edilecek bir sonraki komutun hafızadaki adresini gösterir. Bunların yanında BAĞ (Link) denen tek bitlik bir kayıt vardır. Mantıksal yerini birikeçin solunda olarak düşünebileceğimiz bağ, birikeçteki toplamalarda en sol bitten gelen taşmaları kaydettiği gibi birikeçin kaydırılması işlemlerinde de onüçüncü bit olarak görev yapar.

IM6100'un uç sayısının düşük tutulması için çevresine adres göndermesi, çevresi ile komut ve veri alış verişinde bulunması aynı 12 uç üzerinden ve zaman paylaşımı esasına göre yapılmaktadır. Bunu sağlayan mikroişlemcinin içindeki 12-bitlik bir çoğaltıcı devresidir. IM6100'un kırk adet ucu vardır. MHS'nin tasarımında önemi olan uçlar aşağıda verilmiştir:

DX Uçları: $DX_0, DX_1, \dots, DX_{11}$ olarak gösterilen oniki uç yukarıda sözü geçen çoğaltıcı devresinden gelip ana bilgi hattına bağlanan paralel bilgi giriş-çıkışlarıdır.

MEMSEL: Mikroişlemci hafızaya erişmek için bu uçtan bir işaret üretir.

DEVSEL: Giriş-çıkış transferlerinde bu uçtan bir işaret üretilir.

SWSEL: Mikroişlemci komutları arasında bulunan "Anahtarlı Kayıtı VEYA la" (OR Switch Register) komutu ifa edildiğinde bu uçta bir işaret belirir. Komutun ismi PDP-8/E den geçme olup onun mimarisi ile ilgilidir. IM6100'de bu komut ve uç, herhangi bir dış kayıtlın DX uçları yoluyla birikeçe intikali için kullanılabilir.

LXMAR: Mikroişlemci her hafıza erişimi için dahili hafıza adresleme kayıtlarını DX uçlarına bağlar ve bu uçta bir darbe üretir. Daha sonra DX uçlarından veri geçeceği için LXMAR darbesi yardımıyla dahili adresleme kayıtlarının muhtevası harici bir adresleme kayıtlarına aktarılır.

XTA, XTB, XTC Uçları: Bu uçlarda giriş-çıkış işlemlerini senkronize eden işaretler üretilir.

DMAREQ: Mikroişlemcinin çalışması sırasında başka bir cihazın doğrudan hafızaya erişmek istemesi mümkündür. Bu istek DMAREQ yoluyla bildirilir. Böyle bir isteği olan IM6100 ifa etmekte olduğu komutu bitirir, hafızaya serbest bırakır ve istek çekilinceye kadar bekler.

DMAGNT: Doğrudan hafızaya erişimi isteğinde bulunmuş olan bir cihaza hafızanın serbest kaldığını bildirmek için kullanılan bir uçtur.

SKP: Bir giriş-çıkış komutu esnasında bu uca uygulanacak işaret, program sayacının bir artmasına sebep olur. Netice olarak normal sırada bekleyen ilk komut ifa edilmeden geçilir. Çevre durumları bu girişe uygun geçitlerle bağlanarak program altında test edilmeleri sağlanır.

CO, C1, C2 Uçları: Bu uçlara dışarıdan uygulanacak seviyeler, herhangi bir giriş-çıkış komutu ifa edilirken veri akış yönünün ve biçiminin ne olacağını belirler. Veri akış yönü mikroişlemci olduğunda varış noktası birikeç veya program sayacı olabilir. Birinci durum normal bir girişdir. İkinci durum ise program sayacını etkilediği için vektörlü program kesme uygulamalarında kullanılabilir.

RESET: Bu ucun uyarılmasıyla birikeç silinir, program sayacına 4095 (4K hafızanın en üst adresi) yüklenir ve mikroişlemci durur.

RUN/HLT: Duran mikroişlemcinin çalışmaya başlatılması ve çalışır durumdayken durdurulması bu uca uygulanan bir darbe ile sağlanır.

RUN: Mikroişlemcinin çalışmakta olduğu bu çıkış ucundaki seviyeden anlaşılır.

OSC IN, OSC OUT Uçları: IM6100'ün içinde saat devresi vardır. Bunun hangi frekansta çalışması isteniyorsa frekanstaki bir kristalin bu uçlara bağlanması yeterlidir. İstenirse harici saat devresi de kullanılabilir. O takdirde OSC IN topraklanarak saat darbeleri OSC OUT ucuna uygulanır.

INTREQ (Program kesme girişi): Mikroişlemcinin normal çalışmasına ara vererek müdahale etmesi gereken durumlarda bu uçtan mikroişlemciye işaret verilir. Ancak işaretin alınabilmesi için IM6100'ün "Program Kesmeyi Aç" komutunu ifa etmiş ve böylece INTREQ girişini duyarlı hale getirmiş olması şarttır. Program kesme denen işareti alan IM6100 önce doğrudan hafızaya erişme isteğinde olduğu gibi ifa etmekte olduğu komutu bitirir. Sonra sıfırıncı adreste olması gereken "Program Kesme İsteklerini Ele Alan" alt yordama sapar.

INTGNT: Bu uçtan çıkan işaret, mikroişlemcinin program kesme işaretini aldığını gösterir.

IFETCH: Hafızadan mikroişlemciye bir komut getirilirken bu uç işaret verir.

DATAF: Dolaylı adresleme kullanan bilgi işlem komutlarının ifa aşamasında bu uçta bir işaret belirir.

Son bahsedilmiş olan üç uç, temelde 12 bitlik yani sıfırdan 4095'e kadar olan adresleme kapasitesini harici bileşenler kullanmak suretiyle arttırabilmek için sağlanmıştır. Bunların kullanılmasıyla hafızanın 32K kelime hacmine kadar genişletilebileceği Kaynak[28]'de anlatılmıştır. Kullanılan

prensipler incelendiğinde 32K'nın hudut olmadığı, hafızayı daha da genişletmenin mümkün olduğu görülür.

2.1.2. Komut Kümesi

IM6100'ün birer kelimelik komutlardan oluşan komut kümesi üçe ayrılır: (1) Hafıza komutları, (2) giriş-çıkış komutları, (3) İşlem komutları. Hafıza komutları, hafızanın herhangi bir kelimesini indis olarak kullanma, birikeçteki bilgiyi o kelimeye koyma, o kelimeyi birikeçe ilâve etme ve o kelimeyi birikeçe VE'leme komutları ile program saptırma ve alt yordama sapma komutlarından oluşur. İşlem komutları, birikeç, bağ ve MQ kayıtları üzerinde işlem yapan komutlar, bağ ve birikeçi test eden komutlar, DUR komutu ve Anahtarlı Kayıtı VEYA'la komutlarından oluşur. Bu komutlar MHS'nin yapısından ziyade programlanması açısından önemli olduğundan ayrıntıları verilmemiştir. İstendiği takdirde IM6100'ün komutları hakkında geniş bilgi Kaynak [27]'de bulunabilir.

PDP-8 ile ilgili yayınlarda genellikle ikilik (binary) sayılar sekizlik (octal) sayılarla ifade edilmektedir. Burada da aynı uygulama sürdürülmüştür. Bir sayının ondalık veya sekizlik olduğunun kendiliğinden anlaşıldığı yerlerde durum ayrıca belirtilmemiştir.

Giriş-çıkış komutlarınının genel biçimi 6xyz olarak dört sekizlik basamak halinde gösterilebilir. Soldaki 6 giriş-çıkış komut kodudur. Sağda xyz olarak gösterilen 9 bitle 512 farklı komutun elde edilmesi sağlanır. Bunlardan 6006 hariç, 6000 den 6007 ye kadar olan yedi komut INTREQ ucunun kullanıldığı program kesme uygulamaları için önceden tanımlanmıştır. Geriye kalan 505 komut, kullanıcı tarafından istenen şekilde tanımlanmaya bırakılmıştır.

Mikroişlemci hafızadan aldığı bir komutun önceden tanımlanmamış bir giriş-çıkış komutu olduğunu gördükten sonra onu DX uçlarından verir ve bir LXMAR darbesi üretir. Bu darbe ile komutun xyz kısmı bir dış kayıta alınır. Dış kayıta bağlanan bir kod-çözücü (decoder) yardımıyla xyz nin hangi sayı olduğu belirlenir. Bu arada ifa edilmekte olan komutun bir giriş-çıkış komutu olduğunu gösteren DEVSEL ucu xyz kod-çözücüsünü açmak (enable) için kullanılabilir. Kod-çözücüsünün çıkışları seçilerek bir tarafta C0, C1, C2 uçlarına veya SKP ucuna, diğer tarafta da bilgi aktarması yönüne göre gerekli mantık geçitlerine bağlanır. Bu bağlantılar gerçekleştikten sonra, kod-çözücüsünü hangi uçlarının nerelere bağlanmış olduğuna göre o xyz kodlarına tekabül eden giriş-çıkış komutları tanımlanmış olur. MHS için tanımlanmış olan giriş-çıkış komutları ilerideki ilgili kısımlarda anlatılmıştır.

Azami saat frekansı değişik olan üç tip IM6100 vardır. Burada kullanılan IM6100C nin ki 3.3 MHz dir ve 6 mikro saniye ile 13.2 mikro saniye arasında değişen komut ifa süreleri doğurmaktadır. Diğer tiplerdeki aynı frekans 4 MHz ile 8 MHz'dir ve komut ifa süreleri de ters orantılı biçimde daha kısadır.

2.2. HAFIZA

MHS'nin 1024'er kelime kapasiteli dört adet hafıza kartı yuvası vardır. Bu yuvalara takılabilen üç MOS uçucu hafıza kartı, bir pil destekli CMOS kalıcı hafıza kartı ve bir SPAOH kartı gerçekleştirilmiştir. Kart sayısı yuva sayısından bir fazla olduğundan, her uygulama için en uygun dört kartlık birleşimi seçerek takmak mümkündür. Yuvalar ve kartların tasarımında gözetilen önemli bir özellik her kartın her yuvaya takılabilmesidir. Bu özellik ile hem

yanlış bir takmanın hasara sebep olması ihtimali önlenmiş, hem de hafızanın yalnız belli yerlerinin ancak okunabilir veya kalıcı olabileceği şeklinde bir kısıtlamaya mani olunmuştur.

2.2.1. MOS Uçucu Hafıza Kartı

Bu hafıza kartında National firmasının yaptığı 2102-2 tipi MOS tümleşik hafıza devreleri kullanılmıştır. Her 2102-2 üzerinde 1024 bitlik hafıza vardır. Bunların onikisinin yan yana bağlanmasıyla (bak. Ek-1) 1K kelimelelik hafıza elde edilmiştir. Besleme gerilimi olarak +5 volt kullanan kart, 400 ma civarında akım çekmektedir. Besleme gerilimi kesildiği vakit içindeki bilgiler kaybolduğundan dolay uçuocu hafıza denilmektedir.

2.2.2. Pil Destekli CMOS Kalıcı Hafıza Kartı

Bu hafıza kartında Intersil Firması yapımı 6508 tipi CMOS tümleşik hafıza devreleri kullanılmıştır. 2102-2 gibi 1024 bitlik hafıza bulunan 6508'de ayrıca girişlerdeki adresleri tutabilen adres kayıtları vardır. Yine onikisinin yan yana bağlanması ile 1K kelimelelik hafıza elde edilmiştir. +5 volt besleme geriliminde çalışan kart, gerilim 3 volta düşünceye kadar taşıdığı bilgileri muhafaza edebilmektedir. Çektiği akım ise 0.1 ma civarındadır. Bu özelliklerinden yararlanılarak karta bir pil destek devresi ilâve edilmiştir. Normal çalışma durumunda pil destek devresi +5 volt girişimden beslemeyi alarak hem karttaki CMOS devreleri beslemekte, hem de üzerindeki üç adet NiCad tipi pili doldurmaktadır. Besleme gerilimi kesildiği zaman da NiCad pillerin ürettiği toplam 3.6 voltluk bir gerilimi CMOS devrelere uygulamaya devam etmektedir. Netice olarak karta gelen besleme gerilimi kesilse dahi içindeki bilgiler kalmaktadır. NiCad piller 500 ma-saat kapasitesindedir. Yani dolu oldukları zaman 6 ay kadar CMOS hafızaları destekliyebilirler.

2.2.3. SPA0H Kartı

Bu kart, National firması yapımı 1702 SPA0H tümleşik devreleri ile gerçekleştirilmiştir. 1702'nin organizasyonu 256x8 bit şeklindedir. Yani 8'er bitlik 256 yer (location) vardır. Halbuki MHS'nin kelime uzunluğu 12'şer bitlik yerler gerektirmektedir. Aradaki uyumu en optimal şekilde sağlamak için özel bir konfigürasyon düşünülmüştür. Temel prensip, bir 1702'nin çıkışlarında üç-durumlu (tri-state) araçlar (buffers) kullanarak 512x4 bitlik bir organizasyon elde etmektir. Diğer tarafta iki 1702 ile 512x8 bit elde etmek mümkündür. Bu iki kısım yan yana konduğu zaman 512x12 bit yani 512 kelimelik SPA0H elde edilir.

Ayrıntıları Ek-1 de verilen SPA0H kartı

512 kelime + 512 kelime = 1K kelime olarak düzenlenmiştir. devrelerden tasarruf için iki 1702 nin 256x8 den 512x4'e dönüştürülmesinde de aynı üç durumlu araçlar kullanılmıştır.

2.3. ÇEVİRİCİLER

Dört adet sayı/gerilim çevirici ile bir adet gerilim/sayı çevirici ve çoğaltıcı, MHS'nin herhangi bir sistem üzerindeki gerilimleri kontrol etmesini sağlamaktadır.

2.3.1. Sayı/Gerilim Çeviriciler

Sayı:gerilim çeviricilerin gerçekleştirilmesi için Analog Devices firması yapımı AD7520 tümleşik devrelerinden faydalanılmıştır. AD7520'nin 10 bitlik sayı girişi, bir adet dayanak (reference) gerilimi girişi ve bir de işlemsel yükselteç besleme çıkışı bulunmaktadır. Çıkış bir işlemsel yükselteçe bağlandığında alınan gerilim, dayanak gerilimi ile uygulanan sayının çarpımı olmaktadır. Bu yüzden AD7520'lere "Çarpan sayı/gerilim çeviricileri" denmektedir.

MHS'deki dört adet AD7520, iki çift halinde ele alınmıştır. Her çift bir adet Sistem Gerilimi elde etmekte kullanılmaktadır. Genel olarak bir sistem gerilimi X_1 diye bir gerilimden başlayıp zamana göre doğrusal biçimde değiştikten sonra X_2 diye bir gerilimde duracak şekilde programlanabilmektedir. Buna gerilim doğrusu elde etmek denmektedir. Gerilim doğrusunun dejenere bir şekli $X_2 = X_1$ dir. Buna da gerilim noktası denmektedir. Dolayısıyla ard arda üretilecek gerilim doğruları ile bir gerilim eğrisinin parçalı doğrusal (piecewise linear) yaklaşımını elde etmek mümkün olduğu gibi gerilim noktaları üreterek alışılmış tarzdaki kesikli zaman (discreet time) kontrol sistemi uygulamalarında da kullanmak mümkündür.

Bir gerilim doğrusunun elde edilmesi için bir çift AD7520 den birisine dayanak gerilimi olarak $(1-k)V_d$, diğerine ise kV_d uygulanmaktadır. Burada V_d azami dayanak gerilimidir; k ise sıfır ile bir arasında ve zamanla doğru orantılı biçimde değişmesi sağlanan bir değerdir. Her iki AD7520'nin işlemsel yükselteç besleme çıkışları ortak bir işlemsel yükselteçe bağlıdır. Girişlerindeki sayılar y_1 ve y_2 olarak kabul edilirse, elde edilen gerilimin ifadesi $k V_d y_1 + (1-k)V_d y_2$ şeklinde olur. Zamanla doğrusal olarak değişmesi sağlanan k değeri sıfır ve bir hudutlarından birine eriştikten sonra yön değiştirerek diğer hududa doğru hareket etmektedir. Böylece yukarıda geçen X_1 ve X_2 gerilimleri k azalmaktaysa $X_1 = V_d y_1$, $X_2 = V_d y_2$ şeklinde, k çoğalmaktaysa $X_1 = V_d y_2$, $X_2 = V_d y_1$ şeklinde olmaktadır. k değerinin istenen şekilde değiştirilmesi için entegratörler kullanılmıştır.

Şimdiki durumda MHS'de bir birinin eşi olan iki sistem gerilim kartı vardır. Bunlar arttırılabilir. İsimleri SG1 ve SG2 olan kartlarla ilgili komutlar Tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1

Sayı/Gerilim Çevirici Komutları

<u>Komut</u>	<u>İsmi</u>	<u>İşlevi</u>
6100	Sil	SG1 ve SG2 yi başlangıç durumuna getirir.
6101	Başla	Normal olarak hudutlardan birinde duran k değerinin diğer hududa doğru değişmesini başlatır.
6102	SG1'i Yükle	Birikeçin en sağındaki on biti SG1'e yükler.
6103	SG2'yi Yükle	Birikeçin en sağındaki on biti SG2'ye yükler.
6104	k'yı Yokla	k hudutlardan birisinde duruyorsa ardından gelen komut ifa edilmeden geçilir.

Bir sistem gerilim kartında her birisi bir AD7520'nin sayı girişlerini besleyen iki adet sayı kayıtlı bulunur. Karta yüklenen sayılar bunlara sırayla yazılır. Üretilen gerilim doğrusunun başı eski sayı sonu ise yeni sayı ile belirlenecek şekilde k'nın değişim yönü otomatik olarak ayarlanır.

2.3.2. Gerilim/Sayı Çeviricisi ve Çoğaltıcı

Gerilim/sayı çeviricisini gerçekleştirmek için National firmasının MM5357 tipi 8 bitlik çevirici devresinden faydalanılmıştır. Bu devrenin girişine konan Analog Devices yapımı AD7506 tümleşik çoğaltıcı devresiyle 16 ayrı noktadan her hangi birindeki voltajı MM5357'ye bağlamak ve değerini 8 bitlik bir sayı halinde mikroişlemciye okumak mümkündür. Her bir voltaj okuma işlemi 40 mikro saniye kadar bir sürede tamamlandığı için çeviricide "örnekle ve tut" (sample and hold) devrelerine ihtiyaç duyulmamıştır.

AD7506'nın 16 voltaj girişinden birini seçmek için dört bitlik sayı girişi vardır. Bu sayı girişlerine dört bitlik bir Giriş Kayıtı bağlanmıştır. Komutlar Tablo 2.2. de görülmektedir:

Tablo 2.2

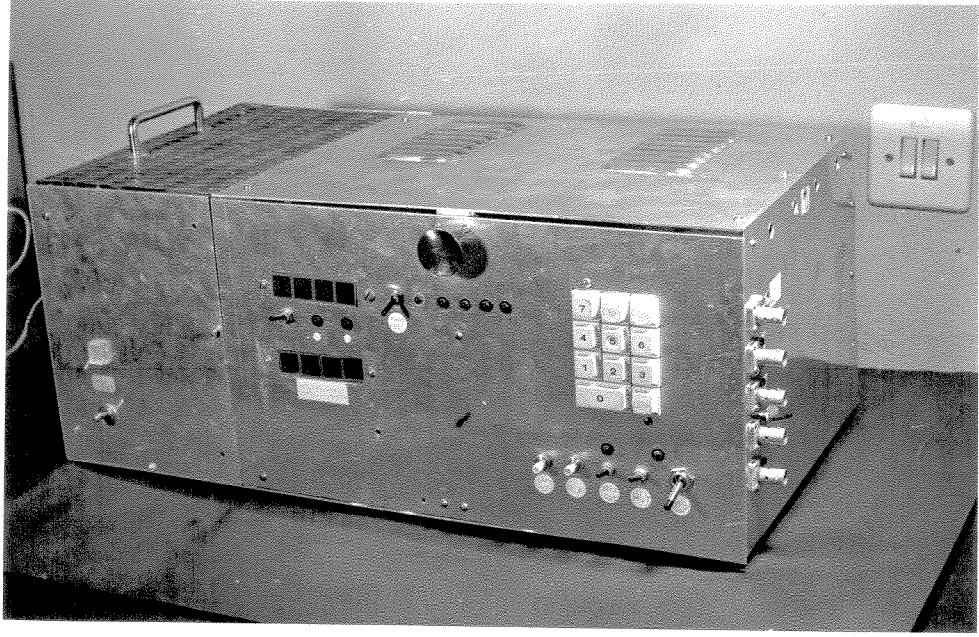
Gerilim/Sayı Çevirici ve Çoğaltıcı Komutları

<u>Komut</u>	<u>İsmi</u>	<u>İşlevi</u>
65yz (y=0 veya 1)	Seç-Çevir	yz sekizlik sayısı ile belirlenen girişi seçer ve oradaki gerilimi sayıya çevirme işlemine başlar.
65xz (x=2 veya 3)	Seç	(xz-20) sekizlik sayısı ile belirlenen girişi seçer.
6540	Çevir	Evvelce seçilmiş olan girişteki gerilimi sayıya çevirmeğe başlar.
6541	Gerilim Oku	Gerilim/sayı çeviricisinin sayı çıkışlarını birikeçe okur.

Burada programlama açısından kolaylık getiren fakat donanım açısından fazla zorluk teşkil etmeyen bir düşünce gerçekleştirilmiştir. PDP-8 ve çoğaltıcılarındaki gibi çoğaltıcı girişini birikeçteki sayıyla belirleyen bir komut yerine çoğaltıcı girişini doğrudan tesbit eden bir komut gurubu tanımlanmıştır.

2.4. KUMANDA LEVHASI

MHS'nin kumanda levhası Şekil 2'deki resimde görülmektedir. Buradaki kumanda ve göstergeler sırayla aşağıda anlatılmışlardır.



Şekil 2: MHS'nin görünüşü

İŞLE Anahtarı: Duran mikroişlemciyi işler hale getirir.

DUR Anahtarı : İşleyen mikroişlemciyi durdurur. Bu anahtar durdurma konumundayken İŞLE anahtarı kullanılarak mikroişlemcinin komutları tek tek ifa etmesi sağlanabilir.

RESET Anahtarı: Mikroişlemcinin RESET ucunu uyarır.

PDP-8 İSTEK Anahtarı: Mikroişlemciden PDP-8 namına doğrudan hafızaya erişme isteğinde bulunur. Böylece PDP-8'in MHS'nin hafızasına bilgi yüklemesi veya oradan bilgi okuması mümkün olur.

KUMANDA İSTEK Anahtarı: Hafızanın her hangi bir yerindeki bilgiyi görmek veya oraya bir bilgi yazmak için mikroişlemciden kumanda levhası namına doğrudan hafızaya erişme isteğinde bulunur.

Adresleme Kayıtı: Sol tarafta üstteki dört basamaklık ışıklı diyot gösterge, dört sekizlik basamaktan oluşan adresleme kaydını gösterir.

Veri Kayıtı: Adresleme kayıtlı göstergesinin altındaki aynı cins bir gösterge dört sekizlik basamaktan oluşan veri kaydını gösterir.

Sayısal Düğme tablosu: Sağ taraftaki sayısal düğme tablosu veri kaydına sekizlik sayılar yazmak için kullanılır. Buradaki üç adet fazla düğme aşağıda bildirildiği şekilde iş görür.

ADRES YÜKLE Düğmesi: Veri kaydının içindekini Adresleme kaydına yükler.

GÖSTER Düğmesi: Adresleme kaydında belirtilen hafıza yerinin muhtevasını veri kaydına geçirir.

KOY Düğmesi: Veri kaydının içindekini adresleme kaydında belirtilen hafıza yerine koyar.

YUKARI/AŞAĞI Anahtarı: Ard arda bulunan hafıza yerleri üzerinde **GÖSTER** ve **KOY** işlemlerini yaparken kolaylık sağlamak üzere her işlemden önce adresleme kaydı bir saydırılmaktadır. İki kayıt göstergesinin arasında yer alan bu anahtar sayma yönünü seçer. Adresleme kaydının yüklenmesinden sonra ilk defa **GÖSTER** veya **KOY** düğmelerine basıldığında sayma işlemi yapılmaz.

İŞIK YOKLAMA Düğmesi: Bu düğmeye basıldığında kumanda levhasındaki bütün sağlam ışıklar yanar.

Önceki kısımlarda sözü geçen Anahtarlı Kayıtı VEYA'la komutu veri kayıtının birikeçe VEYA'lanması için kullanılmıştır. Ayrıca birikeçi veri kayıtına yükleyen bir "Veri Yükle" (6441) komutu tanımlanmıştır. Böylece MHS'ye basit fakat kullanışlı bir giriş-çıkış yolu kazandırılmıştır.

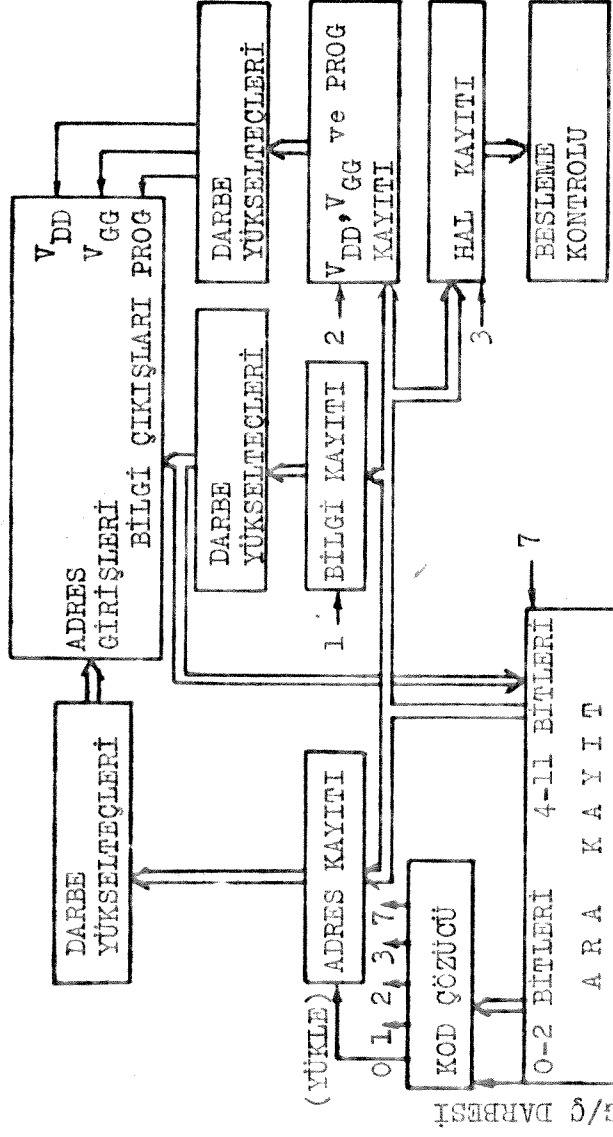
BÖLÜM 3

SPA0H-PSC CİHAZI

Kısım 1.4 de temas edildiği gibi MHS'nin hafızasında kullanılan 1702 SPA0H devrelerini programlamak ve silmek için özel şartlarda işlemler gerekmektedir. Bu işlemler için PDP-8 yardımıyla çalışan SPA0H-PSC cihazı geliştirilmiştir. Cihazın iki çalışma hali vardır. "Programlama" halinde PDP-8'den ara kayıt vasıtasıyla aldığı talimatlara göre yüksek genlikli programlama darbeleri üretir. "Okuma" halinde ise programlama haline nazaran farklı olan okuma hali gerilimlerini üreterek 1702 nin istenen adresindeki bilgiyi PDP-8'e yollar. Bu iki hal arasındaki geçişler tamamen PDP-8 kontrolü altında otomatik olarak yapılabilir. Gerek programlama ve gerekse silme işlemlerinde arada bir hafızanın okunarak kontrol edilmesi, işlem süresinin sıhhatli olarak ayarlanması açısından önem taşımaktadır.

3.1. CİHAZIN PROGRAMLAMA VE OKUMA SİSTEMİ

1702 SPA0H devresinin programlanmasında ihtiyaç olan darbelerin genlikleri ve zamanlamaları EK-2 de verilmiştir. Cihazın programlama ve okuma sisteminin blok şeması Şekil 3 de görülmektedir. Ayrıntılı devre şemaları ve ara bağlantıları Ek-3 de yer almaktadır. Cihazın içinde 8-bitlik bir Adres Kayıtı, 8-bitlik bir Bilgi Kayıtı, 2-bitlik bir VDD, VGG ve Prog Kayıtı, ve tek bitlik bir hal kayıtı vardır. Bu kayıtlar ara kayıt vasıtasıyla PDP-8 tarafından yüklenir. Hal kayıtında 0 olması okuma hali, 1 olması programlama hali demektir. Bu kayıt cihazın besleme gerilimlerini kontrol ederek çalışma halinin gerektirdiği değerlerde olmalarını sağlar. Diğer kayıtlar 1702 ye uygulanan darbeleri üretmekte kullanılır. Bir darbenin üretilmesi, ilgili kayıt biti 0 konumundayken 1 ile yüklenmesi



Şekil 3: SPACH-PSC'nin programlama ve okuma sistemi blok şeması

ve istenen darbe genişliği kadar bir zaman sonra tekrar 0 ile yüklenmesi suretiyle olur. Darbe yükselteçleri üretilen darbeleri spesifikasyonlara uygun seviyelere getirerek 1702 uçlarına verirler. Bu uçlardan VDD ve VGG'ye giden darbelerin zamanlamaları aynıdır, fakat VDD darbesinin genliği -47 volt, VGG darbesinin genliği ise -37 volttur. 0 bakımından aynı bitden üretildikten sonra darbe yükselteçinin çıkışında ayrılırlar.

Ara kayıt üzerindeki bir talimat şekilde görüldüğü gibi ikiye ayrılmıştır. Sağdan sekiz bit bilgi kısmı, soldan üç bit ise kontrol kısmıdır. Bilgi kısmı, cihaz üzerindeki kayıtların girişlerine bağlıdır (bir ve iki bitlik kayıtlara en sağdaki bitler bağlıdır). Kontrol kısmındaki sayının anlamı şudur:

- 0 - Bilgi kısmını adres kayıtına yükle
- 1 - Bilgi kısmını bilgi kayıtına yükle
- 2 - Bilgi kısmının sağdan ilk bitini VDD, VGG ve Prog kayıtının Prog bitine, ikinci bitini de VDD, VGG bitine yükle
- 3 - Bilgi kısmının en sağdaki bitini hal kayıtına yükle
- 4,5,6 - (Şimdilik kullanılmamaktadır.)
- 7 - 1702 nin bilgi çıkışlarını ara kayıtın bilgi kısmına yükle

Talimatın yerine getirilmesi için ara kayıtına yüklendikten sonra PDP-8 tarafından bir "yap" komutu (6114) ifa edilmelidir. Bu komut ara kayıt masasındaki bir uçta G/Ç (giriş/çıkış) darbesi denen bir darbe meydana getirir. Ara kayıtın kontrol bitleriyle beraber kod çözücüye gelen bu darbe kontrol bitlerinin seçtiği çıkıştan çıkarak ait olduğu kayıt yükleme girişine gider.

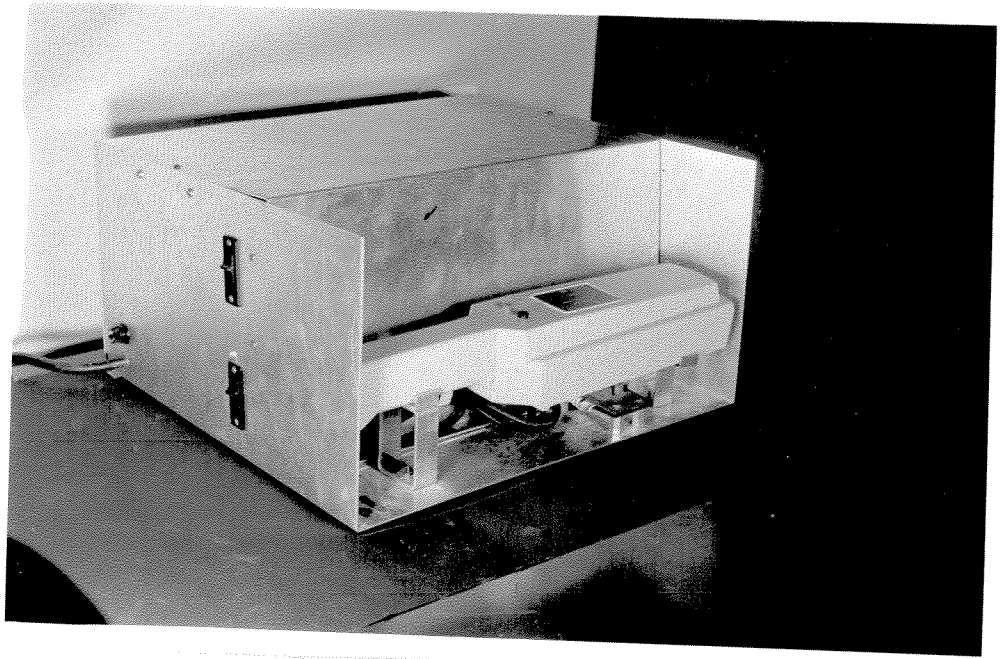
Darbe yükselteçlerinde dikkat edilen bir özellik çıkışların -47 volta düşme ve 0 volta çıkma sürelerinin 1 mikro-saniyeden az olmasıdır. Diğer bir özellik V_{DD} darbesi yükseltecindedir. Bunun akımının 100 mikro-saniyeden uzun bir süreyle 300 ma'ı aşmaması gerektiği için akımın bu hududu geçtiğini hisseden ve ara kayıt masasından PDP-8'e program kesme işareti gönderen bir devre vardır. PDP-8 işaret aldığı takdirde V_{DD} gerilimini sıfıra getirip kullanıcıyı ikaz edebilmektedir. Ayrıca PDP-8 müdahale edinceye kadar aşırı akımlar geçmesi ihtimaline karşı 350 ma'den fazla akım geçmesine mani olan limitleme devresi kullanılmıştır.

Programlama ve okuma diye iki ayrı halde çalışma gereğinden dolayı adres kayıtına bağlı yükselteçler (adres yükselteçleri) besleme gerilimleri -47 volt ve 0 volt olduğunda +5 voltu -47 volta yükseltecek, besleme gerilimleri 0 volt ve +5 volt olduğu zaman ise +5 volt seviyesinde aracı olarak çalışacak şekilde yapılmışlardır. Bilgi kayıtına bağlı yükselteçler de ilk halde benzer şekilde yükselteç görevi görmekte ikinci halde devre dışıymış gibi kalmaktadırlar. Besleme gerilimlerinin değiştirilmesi yukarıda söylendiği gibi hal kayıtına bağlı devrelerle gerçekleştirilmiştir.

SPA0H-PSC'ye takılmış bir 1702 nin programlanması için gerekli PDP-8 kontrolünü sağlayan bir program Ek-4 de verilmiştir. Bu program ile PDP-8'in 2048'inci hafıza yerinden itibaren 256 yerde bulunan sekizer bitlik bir programı aynen 1702 nin içine geçirmek mümkündür.

3.2. CİHAZIN SİLME KISMI

1702 devrelerinin silinebilmesi için üzerlerinde bulunan kuvarz pencereden yüksek kesafette çok kısa dalga (2537 \AA) mor ötesi ışın uygulanması gerekmektedir. Bunun için Ultra-Violet Products Inc. firmasının yapımı UVS-54 tipi mor ötesi ışın lambası kullanılmıştır. SPAOH-PSC'nin önden çekilmiş bir resmi Şekil 4 te görülmektedir.



Şekil 4: SPAOH-PSC Cihazının önden görünüşü. Burada cihazın mor ötesi ışın koruma kapağı çıkartılmış durumdadır.

Arka taraftaki kapalı kısım içinde güç kaynakları ve programlama-okuma sisteminin devreleri vardır. Öndeki kısım silme kısmıdır. Yatay olarak görünen, özel yerine oturtulmuş mor ötesi ışın lâmbasıdır. Onun 2,5 cm kadar altında silinecek veya programlanacak 1702 nin yerleştirildiği bir tümleşik devre yuvası vardır. Kullanılan

mor ötesi ışının dalga boyu, maruz kalındığı takdirde zararlı olacak bir banddadır. Bu itibarla silinme kısmını tamamen örten bir ışın koruma kapağı vardır. Silme işlemi gerekmediği zaman bu kapağa gerek olmadığı gibi UVS-54 lâmbası da yerine konmayabilir.

Silme işleminde kural, 1702 silinmiş görüne kadar ışına tutmak, sonra o zamana kadar geçen sürenin iki misli kadar daha ışın altında bırakmaktır. Bu kuralı uygulayabilmek için silinme esnasında cihaz okuma halinde bulunur. ve PDP-8 cihazın silinip silinmediğini izler. Sonra da toplam ışınlama süresini hesap ederek bu süre bitince cihaz kullanıcılarını ikaz eder.

BÖLÜM 4

S O N U Ç

Bu projede kontrol uygulamalarına elverişli olan bir mikrohesaplayıcı sistemi ile onun hafızasında kullanılan 1702 tipi SPAOH'ları programlayacak ve silecek bir cihaz geliştirilmiştir.

Mikrohesaplayıcı sisteminin programlarının hazırlanmasında PDP-8 minihesaplayıcısının bütün olanaklarından yararlanılabilmektedir. Bunlar arasında simgesel programlama olanakları olduğu gibi, FORTRAN diliyle programlama olanağı da vardır. Kullanıcı ile MHS arasındaki irtibat kumanda levhası ve PDP-8 hesaplayıcısı yolu ile elde edilmiştir. Kontrol deneylerinde veya diğer benzer uygulamalarda MHS'yi PDP-8'in yanında programlayıp sonra kullanılacağı yere götürerek çalıştırmak mümkündür. Kontrol uygulamaları genellikle bazı gerilimlerin okunarak yapılan hesaplar doğrultusunda bazı gerilimlerin üretilmesi biçiminde olmaktadır. Bu çalışma sırasında ise giriş-çıkış birimleri olarak gerilim/sayı çeviricileri ile sayı/gerilim çeviricileri yeterli olmaktadır. MHS'de 16 adet gerilim girişi ve 2 adet gerilim çıkışı sağlanmıştır. Gerilim çıkışları yeterli olmadığı takdirde iki şekilde arttırılabilir:

- 1) Sistem gerilimi kartlarını fazlalaştırarak,
- 2) Sistem gerilimi çıkışlarına çoğaltıcı ve gerilim tutucu devreleri koyarak.

Bunlardan hangi yolun tercih edileceği uygulamalara bağlı bir konudur ve bu tartışmanın dışında bırakılmıştır.

Kumanda levhası, MHS'nin programlandığı yerden uzak bir yerde çalıştırılması halinde etkin bir müdahale aracını oluşturmaktadır. Bunun yardımıyla hafızadaki programlarda

küçük değişiklikler yapmak da mümkün olmaktadır.

MHS'de sistem gerilimi kavramı getirilmiştir. Bu yolla noktasal gerilim çıkışları alınabildiği gibi parçalı doğrusal çıkışlar da alınabilmektedir. Son sözü edilen olanak genel fonksiyon üretme gereksinimlerini karşılamaktadır.

MHS ile PDP-8 arasındaki irtibat şimdilik yarı otomatik haldedir. Yani irtibatın başlatılması kumanda levhasından, devamı ise PDP-8 programından sağlanmaktadır. Bunun tam otomatik hale dönüştürülmesi, çok hesaplayıcılı sistemler alanında yeni araştırma ve uygulama alanları açacaktır.

PDP-8 kontrolunda çalışan SPAOH-PSC cihazı 1702 SPAOH devrelerinin programlanması ve silinmesi olanağını sağladığı gibi otomatik olarak programlama halinden okuma haline veya okuma halinden programlama haline geçebilmektedir. Bu özelliği, onun programlama ve silme işlemlerini daha güvenli ve verimli bir biçimde yapmasına yol açmaktadır. Ancak, 1702 nin okunma hali gerilimleriyle programlanma hali gerilimleri uyuşmamaktadır. Bu sebepten 1702 ye gelen devrelerin tasarımında her iki halde de çalışabilme özelliği aranmıştır. Örneğin adres yükselteçleri kendilerine gelen besleme gerilimlerine göre hem -47 voltluk darbeler üretebilmekte, hem de +5 voltluk darbeler üretebilmektedir. V_{DD} yükselteci hem -47 voltluk darbeler üretebilmekte hem de -9 voltluk sabit gerilim verebilmektedir. Bu suretle ilginç bir tasarım örneği sunulmuştur.

Elde edilen cihazların bu günkü şartlara göre maliyetlerinin, MHS için 50,000.-TL, SPAOH-PSC için ise 10,000.-TL. civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Ö Z E T

O.D.T.Ü Elektrik Mühendisliği Bölümünün Kontrol Laboratuvarındaki deneylerinde kullanılmak üzere bir mikrohesaplayıcı sistemi geliştirilmiştir. IM6100 mikro-işlemcisinin temelini oluşturduğu sistem, bir PDP-8 mini-hesaplayıcısı ile irtibatlandırılmış ve aralarında bilgi alış verişi kurulmuştur. Sistem, PDP-8'in programlarını ifa edebilmektedir. Hafızası 4K kelimelik olup, MOS uçucu hafıza, pil destekli CMOS kalıcı hafıza ve silinir programlı ancak okunan hafıza kartlarından oluşmaktadır. Gerektiğinde bir yerde programlandıktan sonra başka bir yere taşınarak orada kullanılması mümkündür. Kontrol uygulamalarında onaltı ayrı noktadaki gerilimi otomatik olarak okuyabilmekte ve aynı anda iki farklı noktaya noktasal veya doğrusal gerilim uygulayabilmektedir.

Sistemin silinir programlı ancak okunan hafızasını programlayabilmek ve silmek için ayrı bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz programlama veya silme işlemi sırasında okuma haline geçerek hafızayı kontrol edebilmektedir. Burada kullanılan devrelerden tasarruf etmek için, -47 voltluk darbeler gerektiren programlama işlemi ve +5 voltluk darbeler gerektiren okuma işlemi için iki işi de yapabilen beslemesi kontrollü yükselteçler kullanılmıştır.

S U M M A R Y

A microcomputer system has been developed to be used in the experiments, in the Control Laboratory of the Electrical Engineering Department of the M.E.T.U. The system which is based on an IM6100 microprocessor is linked with a PDP-8 minicomputer and information interchange is established between them. The system can execute the PDP-8's programs. Its memory has a size of 4K words which is composed of MOS volatile memory, non-volatile CMOS memory with battery back-up and erasable programmable read only memory cards. It is possible to program the system at one location and carry it to a different place to operate when needed. It can read analog values from sixteen different points automatically in Control applications, and it can apply pointwise or linear voltages to two different points simultaneously.

A separate device has been developed in order to program or erase the erasable programmable read only memory of the system. This device can check the memory during programming or erasing operations by switching to read mode. In order to save the circuitry used here, amplifiers with supply control have been used which can give -47 volt pulses in program mode as well as giving +5 volt pulses in the read mode.

K A Y N A K L A R

1. Lin W.C., "Principles of Microprocessors", Handbook of Engineering in Medicine and Biology, CRC Press Inc., 1976, Sahife 335-343
2. Davidow W., "Microcomputers - What They Mean To Your Company", Intel Application Note, 1974
3. "Microprocessors: Designers Gain New Freedom as Options Multiply", Electronics, Cilt 49, No.8, 15 Nisan 1976, Sahife 78-100
4. Nemeç J., G. Sim, B. Willis, "A Primer on Bit-slice Processors", Electronic Design 3, 1 Şubat 1977, Sahife 52-60
5. Verhofstadt P.W.J., "Evaluation of Technology Options for LSI Processing Elements", Proc. IEEE, Cilt 64, Haziran 1976, Sahife 842-851
6. Raphael H., "Simplify Low-cost Microprocessor Selection", Electronic Design, Cilt 5, 1 Mart 1977, Sahife 60-65
7. Barton M., E. Dagless, "Graphical Approach to Microprocessor Comparison", Microprocessors, Cilt 1, No.6, Ağustos 1977, Sahife 371-379
8. Queyssac D. (Derleyen), Understanding Microprocessors, Motorola Semiconductors
9. Microprocessors, Electronics Magazine Book Series, McGraw - Hill, New York, 1975
10. Healey M., Minicomputers and Microprocessors, Crane, Russak and Co., New York, 1976
11. Leahy W.F., Microprocessor Architecture and Programming, Wiley-Interscience/John Wiley and Sons, New York, 1977
12. Peatman J.B., Microcomputer-Based Design, McGraw - Hill, New York, 1977
13. Klingman E.E., Microprocessor Systems Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

14. Bibbers R.J., Microprocessors in Instruments and Control, Wiley, New York, 1977
15. Lin W.C. (Derleyen), "Microprocessors: Fundamentals and Applications", IEEE Press, 1977
16. Donaghey L.F., "Microcomputer Systems for Chemical Process Control", Proc. IEEE, 64, Haziran 1976, Sahife 975-987
17. Linnenbrink T.E., M.W. Benlig, "PACER: A Microprocessor-Based Process Control", IEEE Trans. Industrial Electronics and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976, Sahife 230-232
18. Przybylski F.J., A. Demark, J. Hohmann, "An LSI Circuit Linking Microprocessor, Operator and Valve", IEEE Trans. Industrial Electronics and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976, Sahife 254-257
19. Sharp D.L., R.C. Unger, "A Cryogenic Custody Transfer Measurement System", IEEE Trans. Industrial Electronics and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976, Sahife 212-217
20. Einolf C.W. Jr., J.M. Mussler, K.F. Graham, "A Microprocessor Based Four Section Exciter Detector System", IEEE Trans. Industrial and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976, Sahife 208-211
21. Ringel C., J. Tamburri, "Use of Microprocessors to Control and Monitor Operations of Gas Turbine Generators", IEEE Trans. Industrial Electronics and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976, Sahife 238-248
22. John V.I., D.J. Clarke, "Microprocessor Assisted Solid State Excitation System for Synchronous Machines", IEEE Trans. Industrial Electronics and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976 Sahife 233-237
23. Nagle, H.T. Jr., J.D. Irwin, "Cotton Gin Efficiency Monitoring System", IEEE Trans. Industrial Electronics and Control Instrumentation, IECI-23, Ağustos 1976 Sahife 218-222

24. Roberson, D.A., "A Microprocessor-Based Portable Computer: The IBM 5100, Proc. IEEE, 64, Haziran 1976 Sahife 994-999
25. Thomas, A.T., "Architecture and Applications of 12-bit CMOS Microprocessor", Proc. IEEE, 64, Haziran 1976, Sahife 873-880
26. Çalikoğlu D., "Design and Implementation of a Hybrid Computer Linkage System", Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü. Elektrik Mühendisliği bölümü, Mayıs 1970
27. "Intersil IM6100 CMOS 12 Bit Microprocessor", Intersil Inc.
28. "IM6100 CMOS Microprocessor Memory Extension", Intersil CMOS/LSI Application Bulletin M007
29. Memory Data Book, National, Ocak 1976, Sahife 4.1-4.6

MHS'Yİ OLUŞTURAN DEVRELER
VE ARALARINDAKİ BAĞLANTILAR

El.1. MHS'İN KARTLARI VE KUMANDA LEVHASI

MHS, onüç kart ve bir kumanda levhası olarak tasarımı-
lanmıştır. Kartlar için ayrılan yuvalara, cepheden bakıl-
duğunda en soldaki A olacak şekilde sırayla harfler veril-
miştir. Kartlar ve yerleri şunlardır:

Mikroişlemci Kartı (B yuvası): IM6100 mikroişlem-
cisi bu karttadır. Ayrıca bilgi ve kontrol çıkışlarını
güçlendirici devreler vardır.

Hafıza Erişim Kontrol Kartı (A yuvası): Bu kartta
hafızayı seçme ve hafızanın yazma girişlerini açma işaret-
leri üretilir. Dışarıdan hafızaya erişim mantığı da bura-
dadır.

Hafıza Ara Kartı (C yuvası): Hafıza devreleriyle diğer
diğer kısımlar arasında gereken devreleri taşır. Üzerinde
aynı zamanda dış cihazlara giden güçlendirilmiş bilgi hattı
çıkışları bulunmaktadır.

Hafıza Kartları (DEFG yuvaları): Gerçekleştirilmiş
olan birer K kelimelik beş hafıza kartı arasından seçilerek
ayrılan yuvalara takılan dört kart, 4K kelimelik hafızayı
oluşturur.

Giriş-Çıkış Darbesi Üretim Kartı (H yuvası):

Mikroişlemciden gelen giriş-çıkış komutlarına göre
giriş çıkış darbelerini üreten devreleri taşır.

SGL Kartı (J yuvası): Bu kartta sistem gerilimi
üreten bir çift AD7520, onların sayı girişlerini besleyen
kayıtlar ve SGL'i yükle komutunun kayıtları sırayla yükle-
mesini sağlayan mantık vardır.

SG SG2 Kartı (K yuvası): SG1 Kartının eşi olan bu karta "SG1'i yükle" yerine "SG2'yi yükle" komutu gelmektedir.

Sistem Gerilimi Kontrol Kartı (I yuvası): SG1 ve SG2 kartları için gerekli gerilim ve sayısal sinyalleri üreten devreler burada toplanmıştır.

Gerilim/Sayı Çevirici Kartı (M yuvası): Gerilim/sayı çevirici ve çoğaltıcı devreleriyle giriş kayıtlı ve bazı ara geçitleri taşır.

Adım Kontrol Kartı (L yuvası): Bu kartta mikro-işlemciyi tek tek adımlatmak imkânını veren devreler ve bazı ışıklı diyot sürücüleri vardır.

Kumanda levhasındaki kumanda ve göstergeler Kısım 2.4 de anlatılmıştır. Bunlardan RESET, DUR ve İŞLE hariç, hepsinin devreleri kumanda levhasının iç yüzüne monte edilmiştir. Bağlantıların izahında kolaylık olması için be devreler sanki ondördüncü bir kartta imiş ve N yuvasına takılıymış gibi düşünülmüştür.

MHS'nin devrelerini tam olarak belirtebilmek için önce yuvaların bağlantıları sonra da her bir kartın devresi verilmiştir.

E1.2. YUVA BAĞLANTILARI

MHS'deki kart yuvalarının bağlantıları aşağıda tablolar halinde gösterilmiştir. İlk sütunda yuva ucu, ikinci sütunda bağlı olduğu bir yer varsa ismi, üçüncü sütunda da bağlandığı noktalar veya ortak sinyaller belirtilmiştir.

Her yuvanın 01 den itibaren numaralı 40 adet ucu vardır. Uçların, ait olduğu yuva harfi ve uç numarasıyla (A08 gibi) belirlenmesi usulü kullanılmıştır.

A Yuvası (Hafıza Erişim Kontrol Kartı):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
A01	GND	GND
A02	DX0	DX0
A03	DX1	DX1
A04	DX2	DX2
A05	DX3	DX3
A06	DX4	DX4
A07	DX5	DX5
A08	DX6	DX6
A09	DX7	DX7
A10	DX8	DX8
A11	DX9	DX9
A12	DX10	DX10
A13	DX11	DX11
A14	LXMAR(H)	A27, B30, N
A15	MEMSEL(L)	A26, B28, N
A16	INTREADY(L)	L04
A17	DMAGNT2(L)	N
A18	DMAREQ2(L)	N, A19
A19	INTERFACE(L)	Switch(Interface request)
A20	-	
A21	OUTEN2(L)	C02
A22	OUTEN1(L)	C39
A23	4KDIS (L)	-
A24	3KDIS (L)	-
A25	XTC	B29, A30, N, M29, I29
A26	MEMSEL(L)	B28, A15, N
A27	LXMAR (H)	B30, A14, N
A28	DX1	DX1
A29	DX0	DX0
A30	XTC	B29, A25, N, M29, I29
A31	LXMAR (L)	D, E, F, G34
A32	-	
A33	-	
A34	CS0(L)	G38
A35	CS2(L)	F38
A36	CS4(L)	E38
A37	CS6(L)	D38
A38	-	
A39	WE(L)	D, E, F, G39
A40	VCC	REGULATOR-5V

B Yuvası (Mikroişlemci Kartı):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
B01	GND	GND
B02	RUN (L)	LO6
B03	DX11	DX11
B04	DX10	DX10
B05	DX9	DX9
B06	DX8	DX8
B07	DX7	DX7
B08	DX6	DX6
B09	RESET (L)	N, RESET Push button
B10	WAIT (L)	-
B11	RUN/HLT (L)	LO9
B12	DMAGNT (L)	N
B13	DMAREQ (L)	N
B14	IFETCH (L)	L14
B15	-	
B16	Clock I/P	Switch, clock select (ext/int)
B17	Clock O/P	6.6MHz clock o/p, switch
B18	LINK (H)	LO2
B19	-	
B20	-	
B21	-	
B22	SWSEL (L)	N
B23	DEVSEL (L)	H39
B24	-	
B25	-	
B26	-	
B27	-	
B28	MEMSEL (L)	A26, A15, N
B29	XTC	A25, A30, N, M29, I29
B30	LXMAR (H)	A27, A14, N
B31	-	
B32	SKP (L)	I17, M37
B33	DX5	DX5
B34	DX4	DX4
B35	DX3	DX3
B36	DX2	DX2
B37	DX1	DX1
B38	DX0	DX0
B39	-	
B40	VCC	REGULATOR-5W

C Yuvası (Hafıza Ara Kartı):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
C01	GND	GND
C02	OUTEN2 (L)	A21
C03	DX11	DX11
C04	DX10	DX10
C05	DX9	DX9
C06	DX8	DX8
C07	DX7	DX7
C08	DX6	DX6
C09	DX110	DEFG09
C10	DX111	DEFG10
C11	DX100	DEFG11
C12	DX101	DEFG12
C13	DX90	DEFG13
C14	DX91	DEFG14
C15	DX80	DEFG15
C16	DX81	DEFG16
C17	DX70	DEFG17
C18	DX71	DEFG18
C19	DX60	DEFG19
C20	DX61	DEFG20
C21	DX50	DEFG21
C22	DX51	DEFG22
C23	DX40	DEFG23
C24	DX41	DEFG24
C25	DX30	DEFG25
C26	DX31	DEFG26
C27	DX20	DEFG27
C28	DX21	DEFG28
C29	DX10	DEFG29
C30	DX11	DEFG30
C31	DX00	DEFG31
C32	DX01	DEFG32
C33	DX5	DX5
C34	DX4	DX4
C35	DX3	DX3
C36	DX2	DX2
C37	DX1	DX1
C38	DX0	DX0
C39	OUTEN1 (L)	A22
C40	VCC	REGULATOR-5V

DEFG Yuvaları (Hafıza Kartları):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
DEFG01	GND	GND
DEFG02	BDX2 (L)	H02
DEFG03	BDX3(L)	H03
DEFG04	BDX4(L)	H04
DEFG05	BDX5(L)	H05
DEFG06	BDX6(L)	H06
DEFG07	BDX7(L)	H07
DEFG08	BDX8(L)	H08
DEFG09	DX110	C09
DEFG10	DX11I	C10
DEFG11	DX100	C11
DEFG12	DX10I	C12
DEFG13	DX90	C13
DEFG14	DX9I	C14
DEFG15	DX80	C15
DEFG16	DX8I	C16
DEFG17	DX70	C17
DEFG18	DX7I	C18
DEFG19	DX60	C19
DEFG20	DX6I	C20
DEFG21	DX50	C21
DEFG22	DX5I	C22
DEFG23	DX40	C23
DEFG24	DX4I	C24
DEFG25	DX30	C25
DEFG26	DX3I	C26
DEFG27	DX20	C27
DEFG28	DX2I	C28
DEFG29	DX10	C29
DEFG30	DX1I	C30
DEFG31	DX00	C31
DEFG32	DX0I	C32
DEFG33	-15 Volt	J01, K01, I01, REGULATOR (-15V)
DEFG34	LXMAR(L)	A27
DEFG35	BDX9(L)	H35
DEFG36	BDX10(L)	H36
DEFG37	BDX11(L)	H37
D38	CS6(L)	A37
E38	CS4(L)	A36
F38	CS2(L)	A35
G38	CS0(L)	A34
DEFG39	WE(L)	A39
DEFG40	VCC	REGULATOR5V

H Yuvası (Giriş-Çıkış Darbesi Üretim Kartı):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
H01	GND	GND
H02	-	
H03	BDX3 (L)	DEFG03
H04	BDX4 (L)	DEFG04
H05	BDX5 (L)	DEFG05
H06	BDX6 (L)	DEFG06
H07	BDX7 (L)	DEFG07
H08	BDX8 (L)	DEFG08
H09	-	
H10	-	
H11	6XX7 (H)	
H12	6XX6 (H)	M30
H13	6XX5 (H)	
H14	6XX4 (H)	I28
H15	6XX3 (H)	I22
H16	6XX2 (H)	I23
H17	6XX1 (H)	I24, M33
H18	6XX0 (H)	I25
H19	6X7X (H)	
H20	6X6X (H)	
H21	6X5X (H)	
H22	6X4X (H)	M34
H23	6X3X (H)	
H24	6X2X (H)	
H25	6X1X (H)	
H26	6X0X (H)	I26
H27	67XX (H)	
H28	66XX (H)	
H29	65XX (H)	M36
H30	64XX (H)	M32
H31	63XX (H)	
H32	62XX (H)	
H33	61XX (H)	I27
H34	60XX (H)	M35
H35	-	
H36	-	
H37	-	
H38	-	
H39	DEVSEL (L)	B23
H40	VCC	REGULATOR5V

I Yuvası (Sistem Gerilimi Kontrol Kartı):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
I01	-15 Volt	K01, J01, DEFG33, REGULATOR-(-15V)
I02	GND	GND
I03	-	
I04	-	
I05	-	
I06	6	
I07	(1q) Analog	K29, J29
I08	q	K28, J28
I09	-	
I10	-	
I11	-	
I12	-	
I13	-	
I14	-	
I15	-	
I16	-	
I17	SKP(L), 6104	B32, M37
I18	LDX(H), 6103	K33
I19	LDY(H), 6102	J33
I20	START(H), 6101	I32
I21	RESET(L), 6100	I31, K08, J08
I22	6XX3(H)	H15
I23	6XX2(H)	H16
I24	6XX1(H)	H17, M33
I25	6XX0(H)	H18
I26	6XOX(H)	H26
I27	61XX(H)	H33
I28	6XX4(H)	H14
I29	XTC	A25, B29, A30, N, M29
I30	Z-control (H)	Z-Axis
I31	RESET(L)	I21
I32	START(H)	I20
I33	-	
I34	-	
I35	Z-Register(H)	J35
I36	-	
I37	-	
I38	-	
I39	VCC	REGULATOR-5V
I40	15 Volt	REGULATOR-(15 Volt) K40, J40

JK Yuvaları (SG1 ve SG2 Kartları):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
JK01	-15 Volt	I01, DEFG33, REGULATOR(-15V)
JK02	GND	GND
JK03	-	
JK04	-	
JK05	-	
JK06	-	
JK07	-	
JK08	RESET(L), 6100	J08, K08, I21
JK09	-	
JK10	-	
JK11	-	
JK12	-	
JK13	-	
JK14	-	
JK15	-	
JK16	DX11	DX11
JK17	DX10	DX10
JK18	DX9	DX9
JK19	DX8	DX8
JK20	DX7	DX7
JK21	DX6	DX6
JK22	DX5	DX5
JK23	DX4	DX4
JK24	DX3	DX3
JK25	DX2	DX2
JK26	-	
JK27	-	
JK28	k Analog	I08, K28, J28
JK29	(1-k) "	I07, K29, J29
JK30	-	
JK31	-	
J32	DX1	DX1
K32	-	
J33	LDY(H), 6102	I19
K33	LDX(H), 6103	I18
JK34	-	
J35	Z-Register(H)	I35
K35	-	
J36	Y-Control	Y-Axis
K36	X-Control	X-Axis
JK37	-	
JK38	-	
JK39	15 Volt	I39, J39, K39, REGULATOR- 15 Volt
JK40	VCC	REGULATOR-5V

L Yuvası (Adım Kontrol Kartı):

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
L01	GND	GND
L02	LINK(H)	B18
L03	LINKLED	LINKLED
L04	INTREADY(L)	A16
L05	READYLED	READYLED
L06	RUN(L)	BO2
L07	RUNLED	RUNLED
L08	LAMPTEST(L)	LAMPTEST Push button
L09	RUN/HLT	B11
L10	RUN/HLT control	Normal contact of RUN push button
L11	RUN/HLT control	Push contact of RUN
L12	HLT control	HLT switch common contact
L13	HLT control	HLT switch IFETCH(L)contact
L14	IFETCH(H)	B14
L15	-	
L16	DX11	DX11
L17	DX10	DX10
L18	DX9	DX9
L19	DX8	DX8
L20	DX7	DX7
L21	DX6	DX6
L22	DX5	DX5
L23	DX4	DX4
L24	DX3	DX3
L25	DX2	DX2
L26	DX1	DX1
L27	DX0	DX0
L28	-	
L29	-	
L30	-	
L31	-	
L32	-	
L33	-	
L34	PANELREQ(L)	N
L35	PANELGNT(L)	N
L36	PANELREQLED	PANELREQLED
L37	PANELGNTLED	PANELGNTLED
L38		
L39		
L40	VCC	REGULATOR-5V

M Yuvası (Gerilim/Sayı Çevirici Kartı):

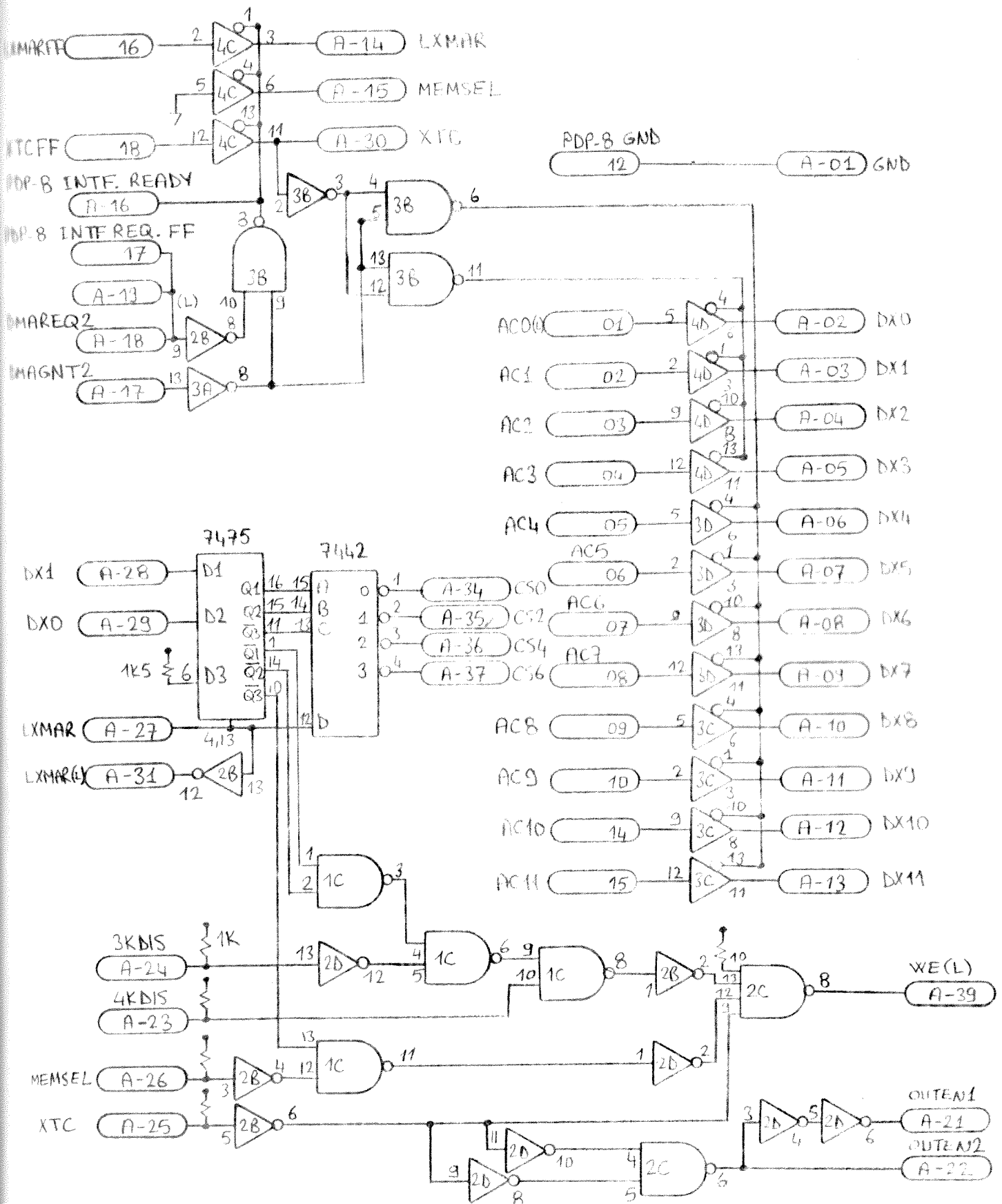
<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
M01	GND	GND
M02	-	
M03	-	
M04	GG0	GG0
M05	GG1	GG1
M06	GG2	GG2
M07	GG3	GG3
M08	GG4	GG4
M09	GG5	GG5
M10	GG6	GG6
M11	GG7	GG7
M12	GG8	GG8
M13	GG9	GG9
M14	GG10	GG10
M15	GG12	GG11
M16	DX11	DX11
M17	DX10	DX10
M18	DX9	DX9
M19	DX8	DX8
M20	DX7	DX7
M21	DX6	DX6
M22	DX5	DX5
M23	DX4	DX4
M24	BDX7	DEFG07
M25	BDX8	DEFG08
M26	BDX9	DEFG35
M27	BDX10	DEFG36
M28	BDX11	DEFG37
M29	XTC	A25, B29, A30, N, I29
M30	6XX6	H12
M31	-	
M32	-	
M33	6XX1	H17, I24
M34	6X4X	H22
M35	-	
M36	65XX	H29
M37	SKP(L)	B32, I17
M38	-	
M39	-	
M40	VCC	REGULATOR-5V

N Yuvası (Kumanda Levhası):

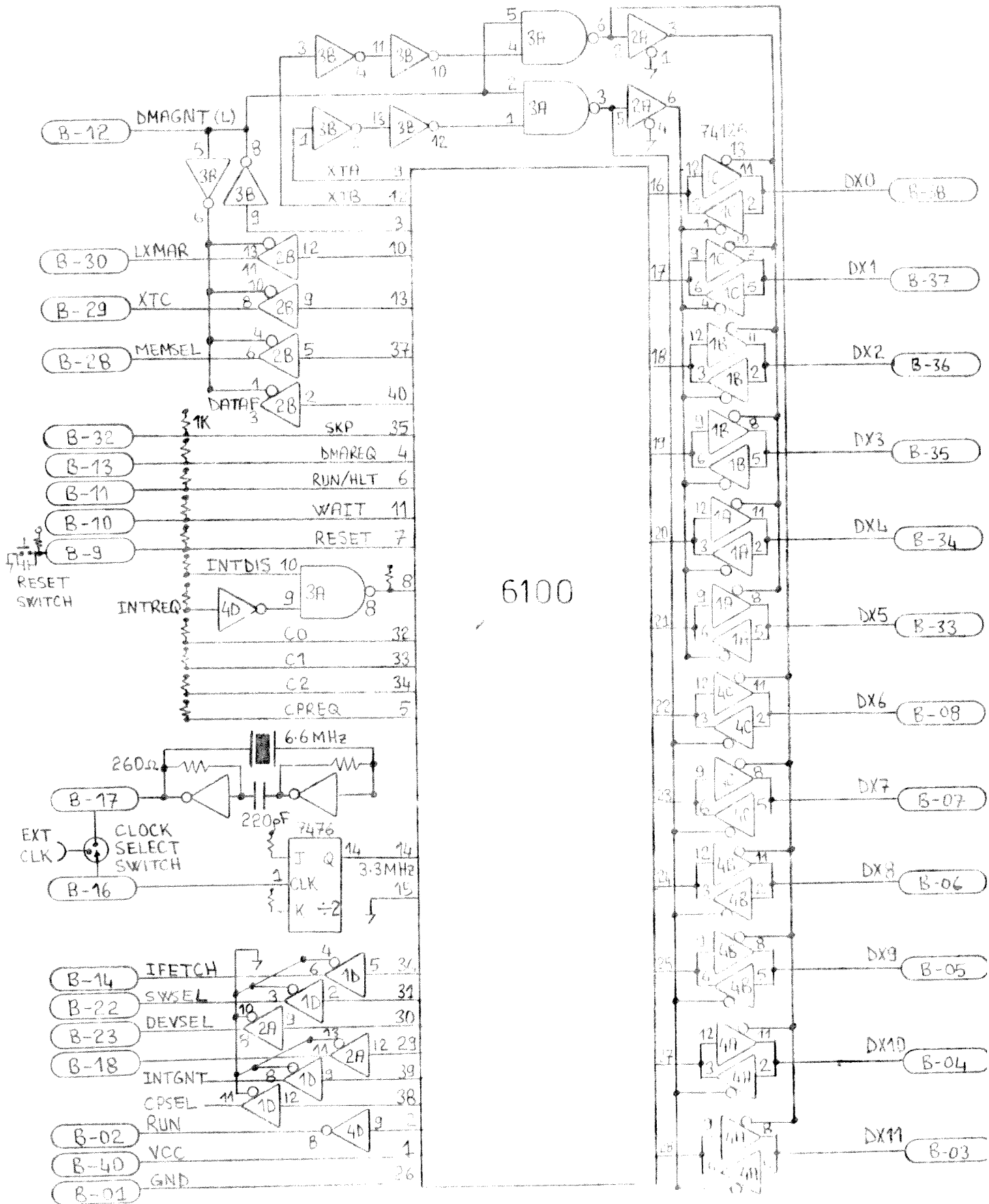
<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
N01	GND	GND
N02	DX0	DX0
N03	DX1	DX1
N04	DX2	DX2
N05	DX3	DX3
N06	DX4	DX4
N07	DX5	DX5
N08	DX6	DX6
N09	DX7	DX7
N10	DX8	DX8
N11	DX9	DX9
N12	DX10	DX10
N13	DX11	DX11
N14	LXMAR(H)	A27, B30, A14
N15	XTC	A25, B29, A30, M29, I29
N16	MEMSEL(L)	A26, B28, A15
N17	DMAREQ(L)	B13
N18	DMAGNT(L)	B12
N19	DMAREQ2(L)	A18
N20	DMAGNT2(L)	A17
N21	PANELREQ(L)	L34
N22	PANELREQLED	L36, LED
N23	PANELGNT(L)	L35
N24	PANELGNTLED	L37, LED
N25	SWSEL(L), OSR	B22
N26	WRITEREG, 6441	M31
N27	VCC	REGULATOR-5V

E.1.3. KARTLARIN DEVRELERİ

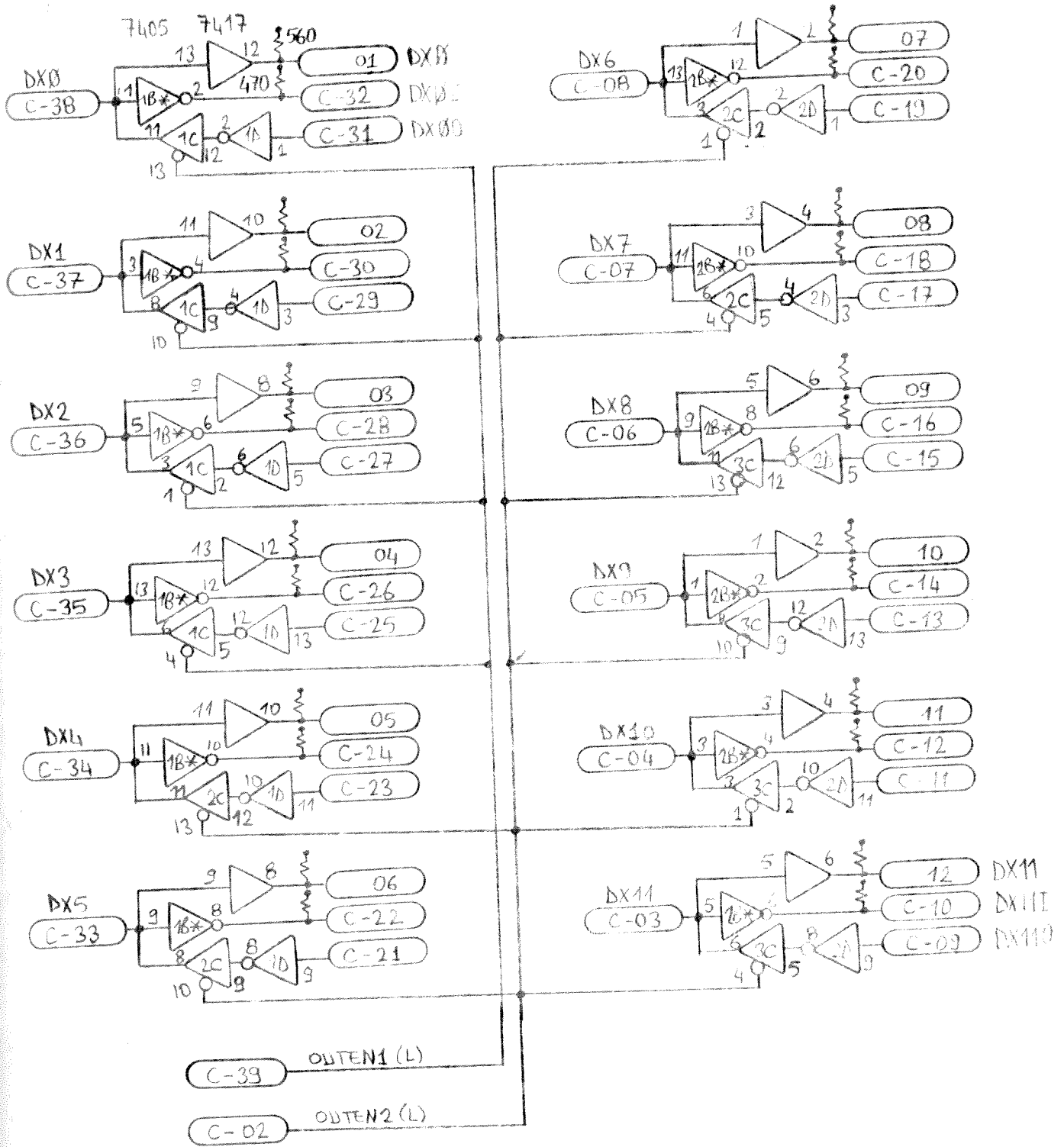
Bu kısımda sırayla kartların devreleri verilmiştir. Her kart üzerinde A, B, C, D olarak işaretlenmiş dört tümleşik devre sütunu vardır. Buralara yerleştirilen tümleşik devreler üstte birden başlayarak numaralanmıştır. Belli bir karttaki bir tümleşik devrenin belirlenmesi için numara-harf çifti kullanılmıştır. Meselâ 3B, B sütununda üstten üçüncü devredir. Tümleşik devrenin bulunduğu kartın da belirtilmesi gerektiğinde ilgili yuva harfi en sola, tümleşik devrenin ucu belirlenmek istendiğinde ise o uç numarası en sağa eklenir.



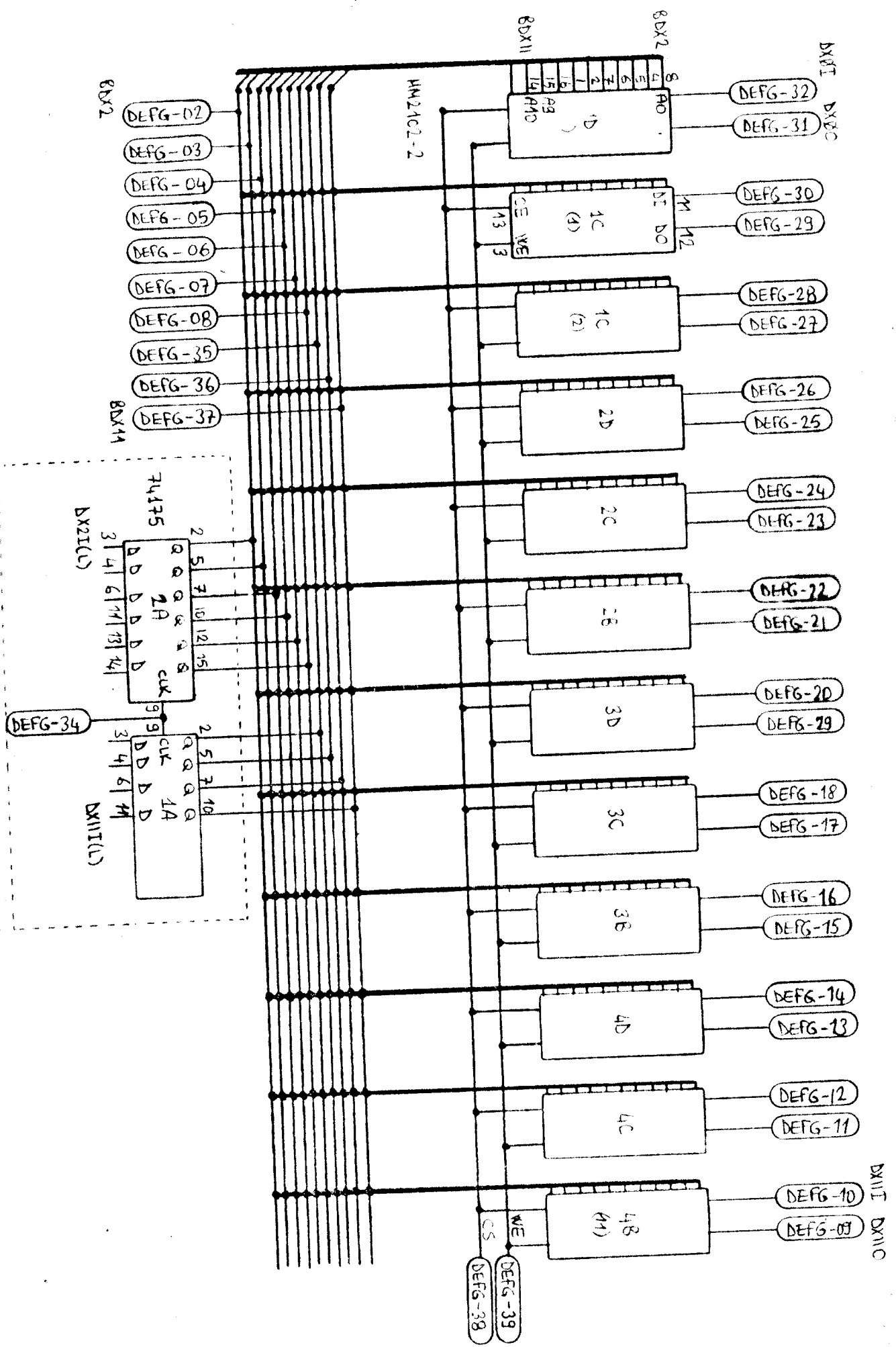
Şekil E1: Hafıza Erişim Kontrol Kartı



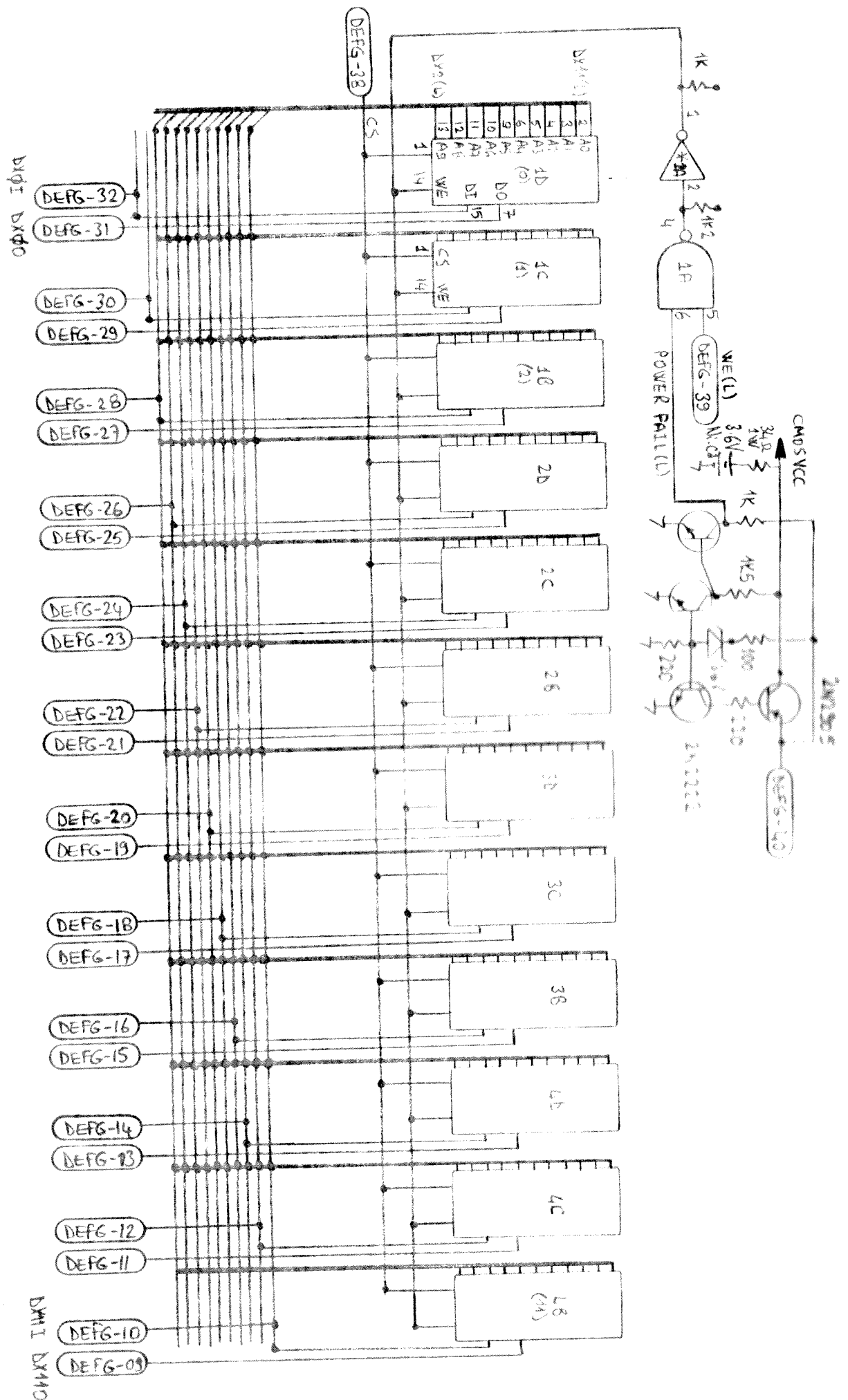
Şekil E2: Mikroişlepci Kartı



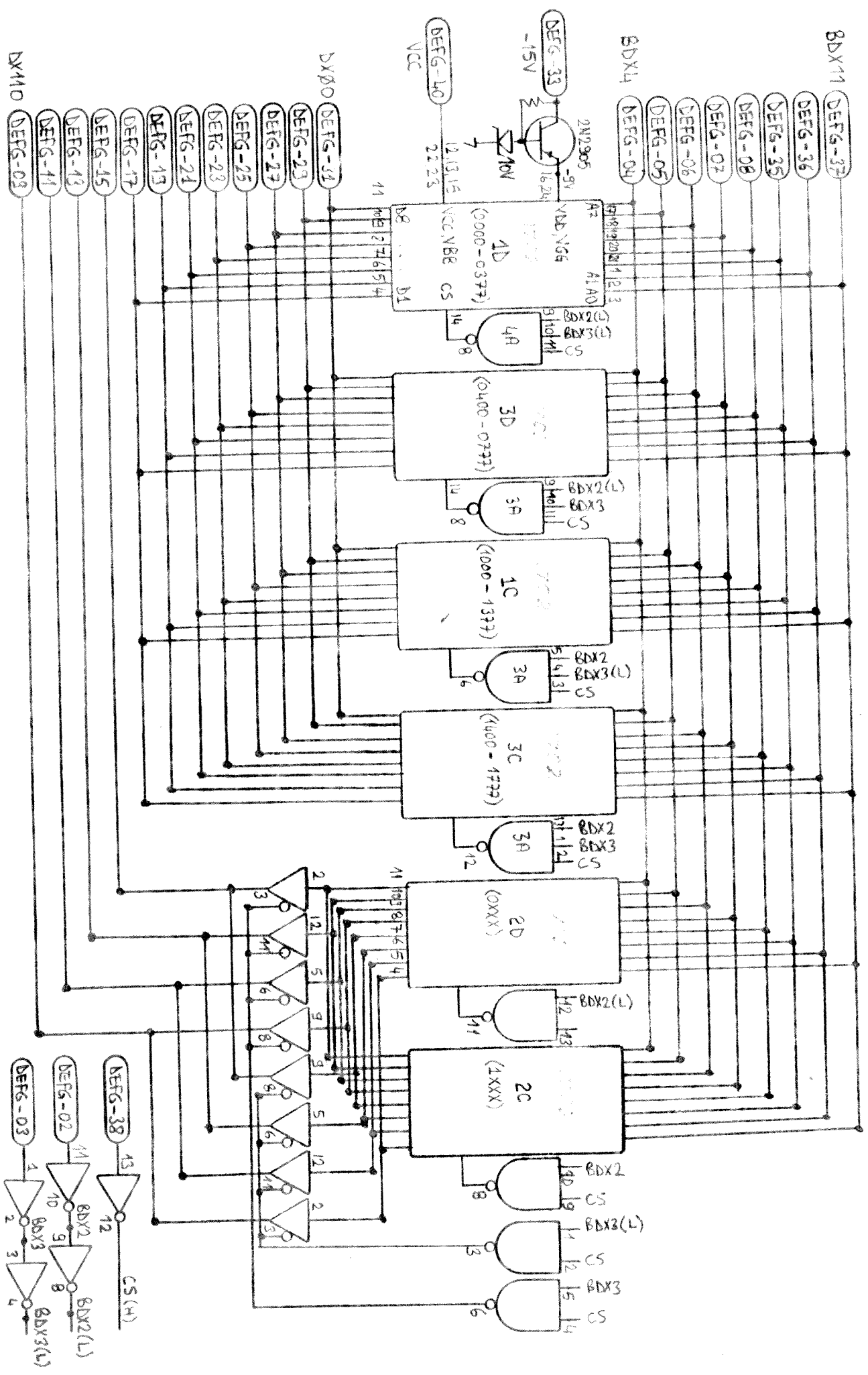
Şekil E3: Hafıza Ara Kartı



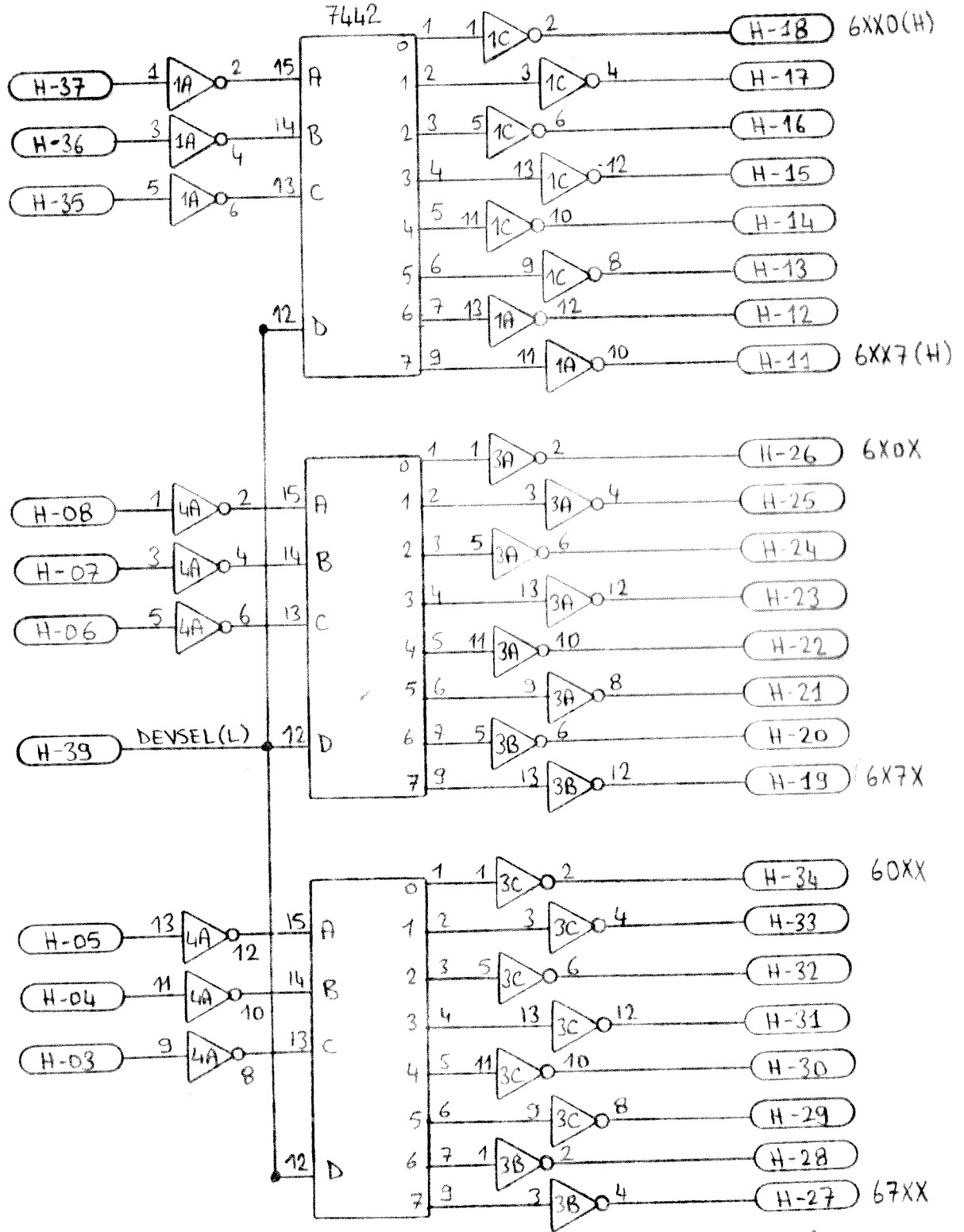
MOS Hemen Hafiza Kartı



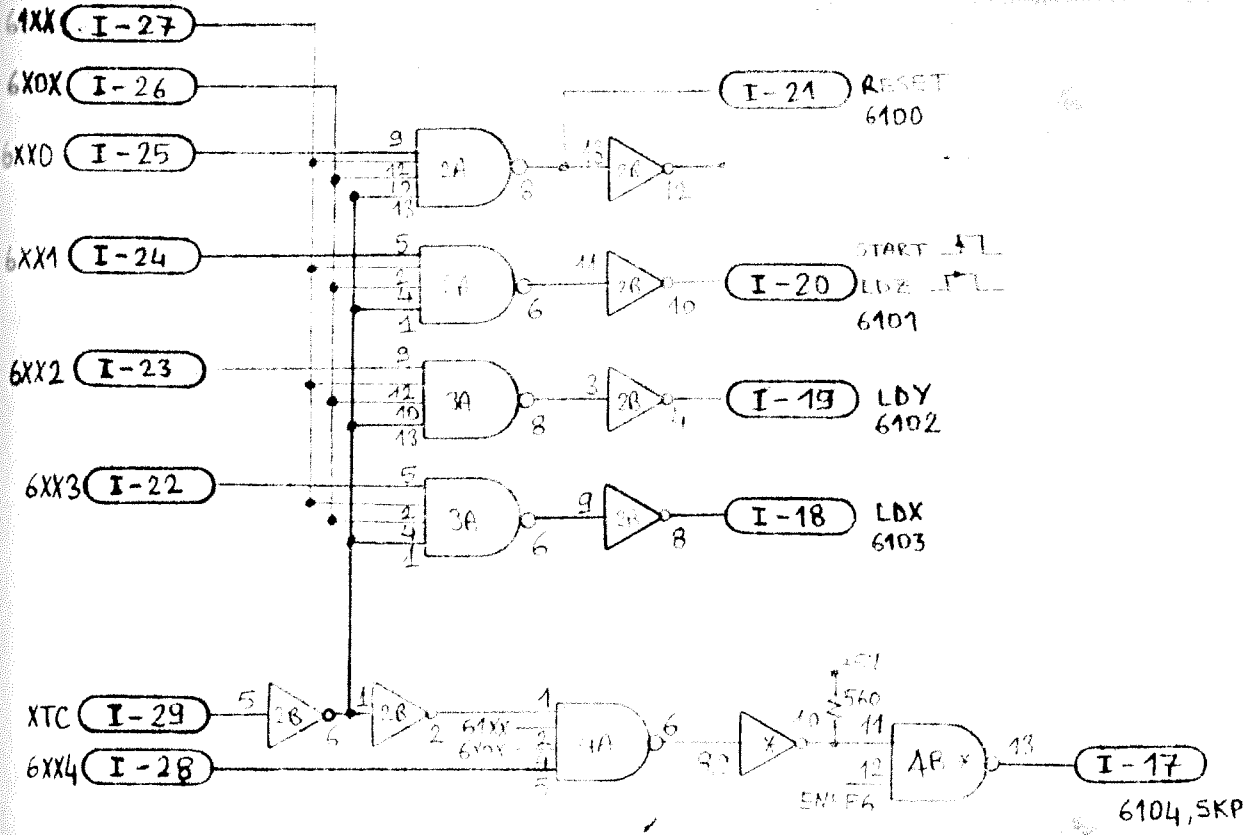
Şekil E5: Pil Destekli CMOS Kalıcı Hafıza Kartı



Sekil E6: SPAOH Karti



Şekil E7: Giriş-Çıkış Darbesi Üretim Kartı

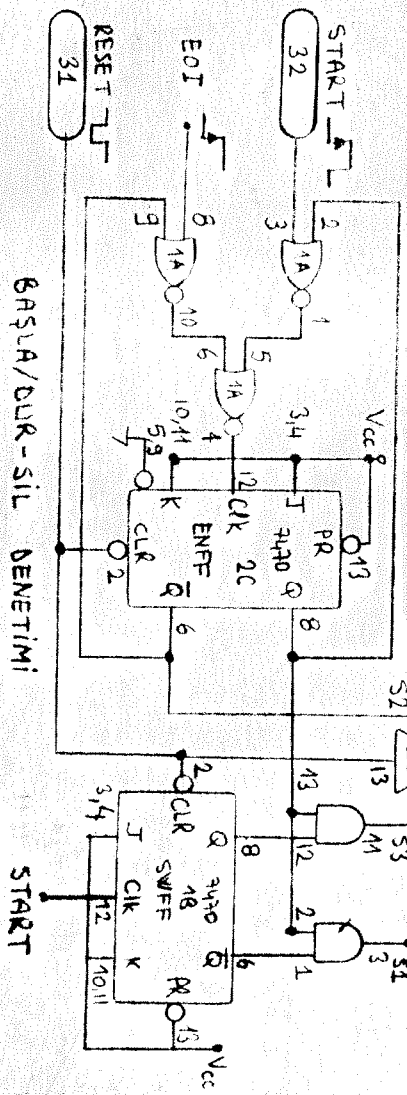
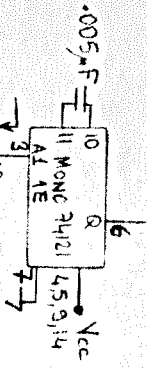


Şekil E8: Sistem Gerilimi Kontrol Kartı (Komutlar)

REFERANS GERİLİMİ

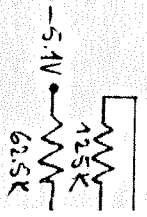
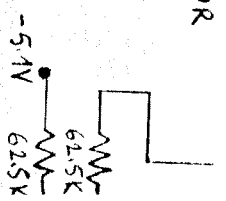
9-15V

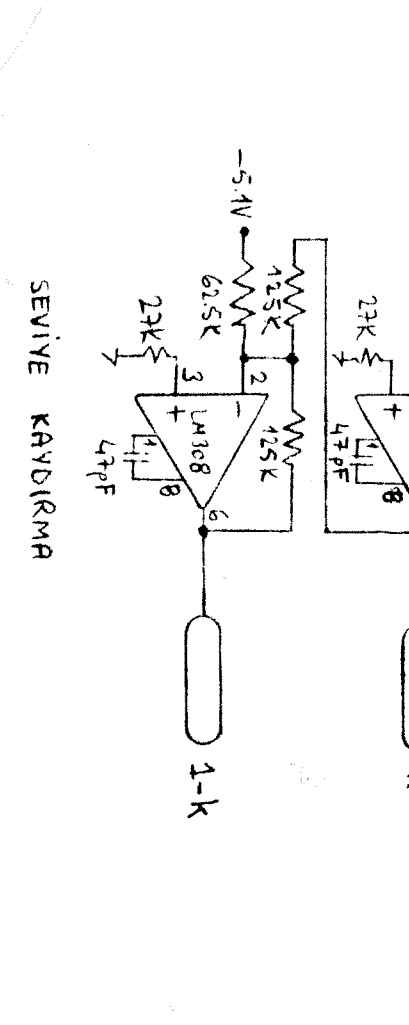
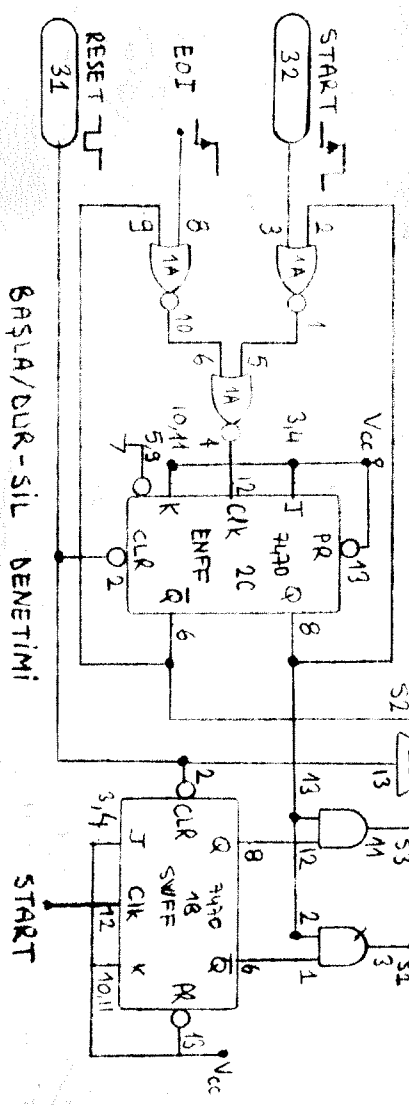
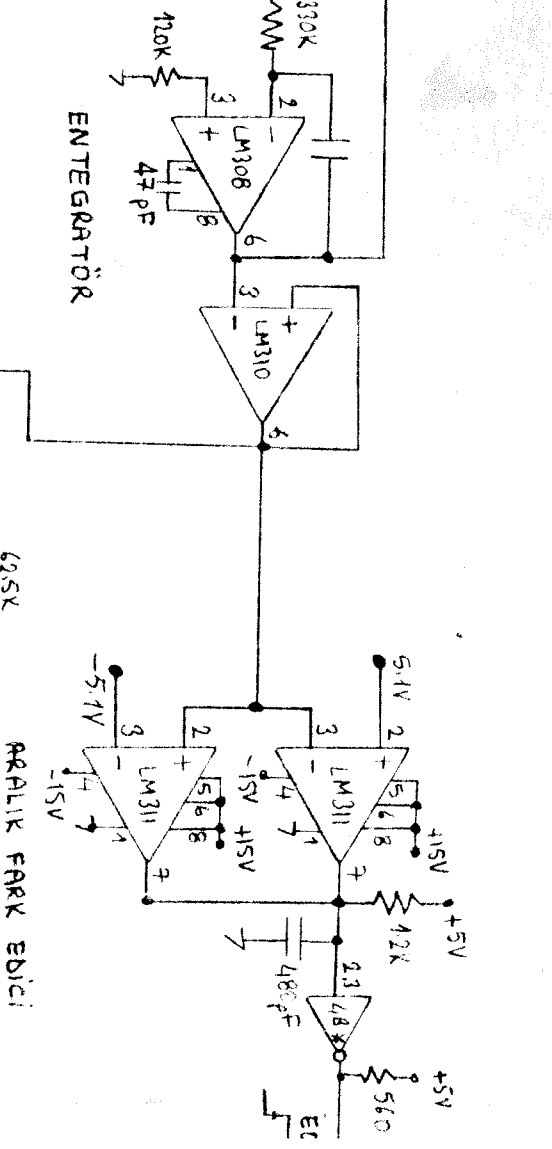
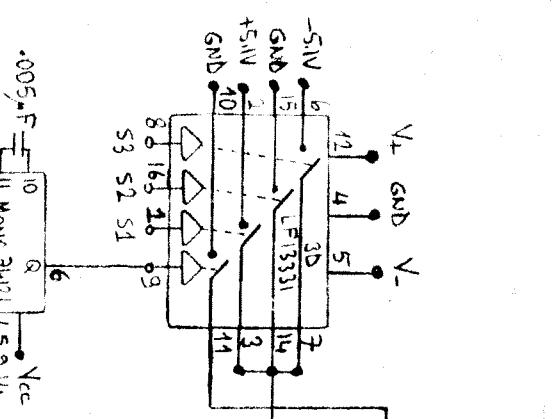
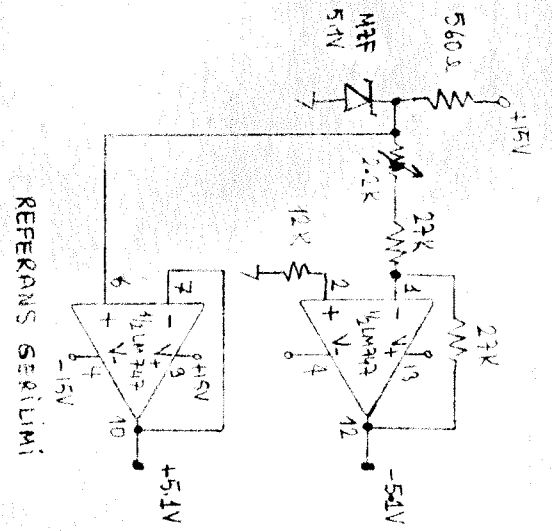
ENTEGRATOR

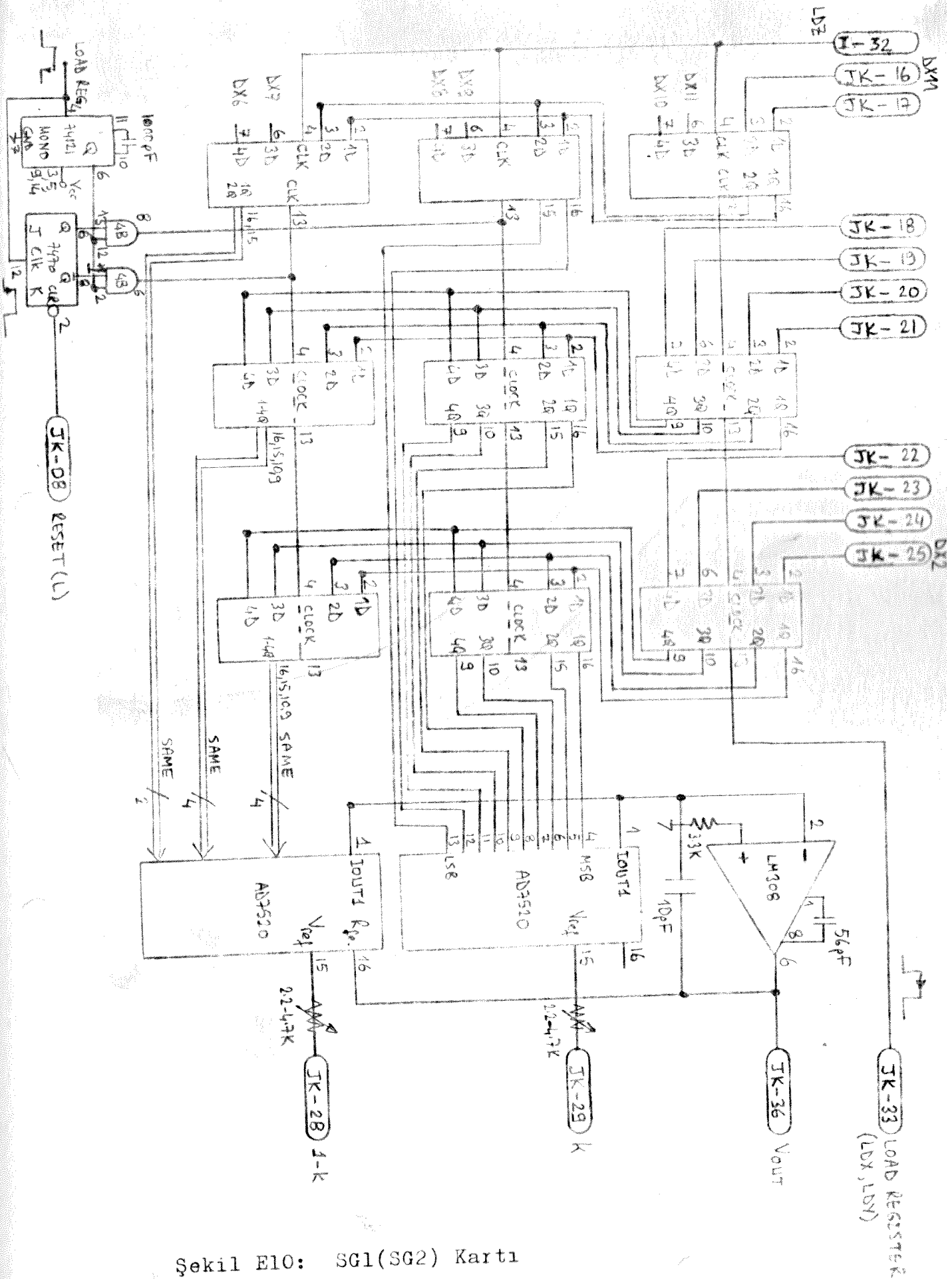


BASLA/DUR-SİL DENETİMİ

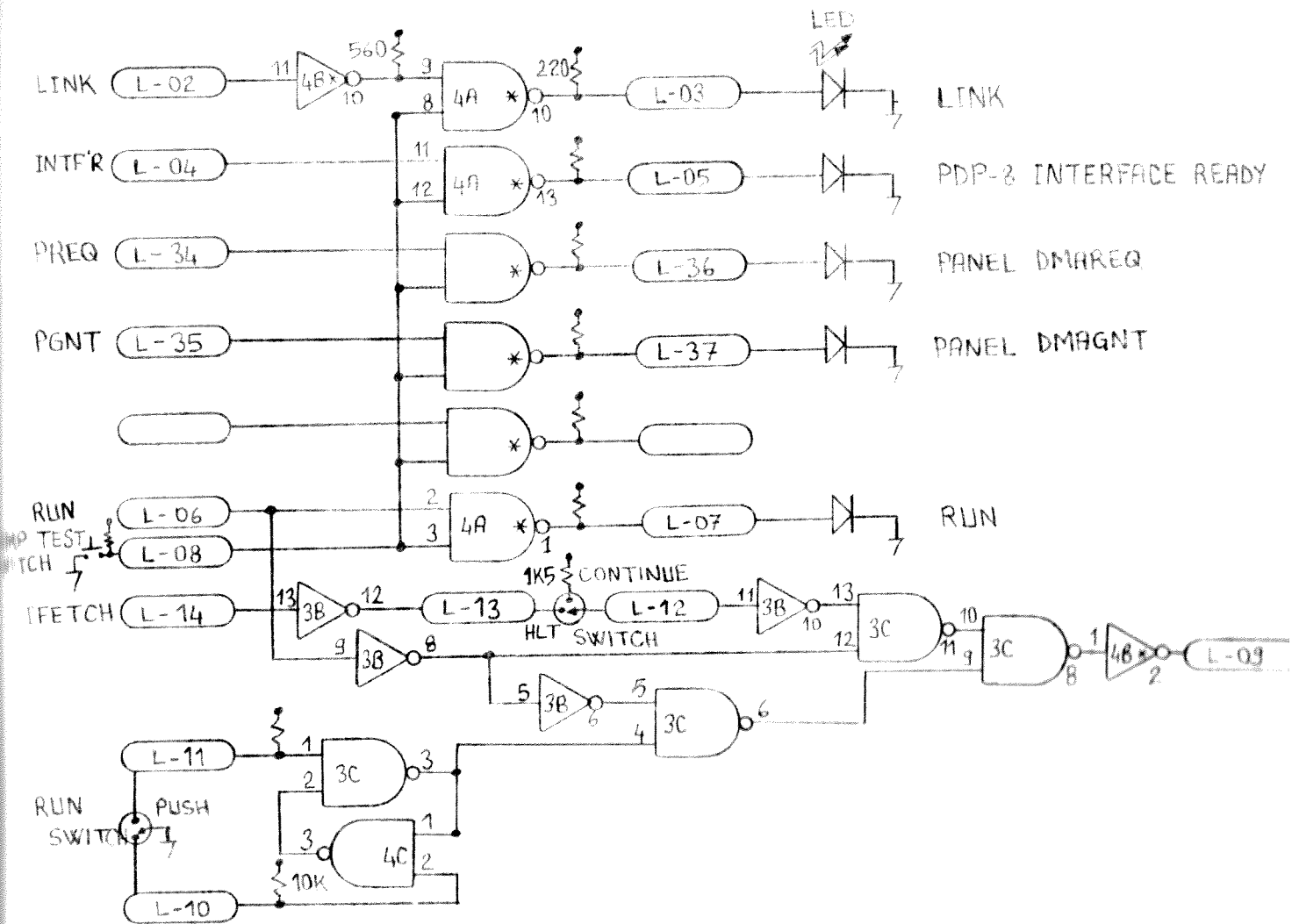
SEVİY



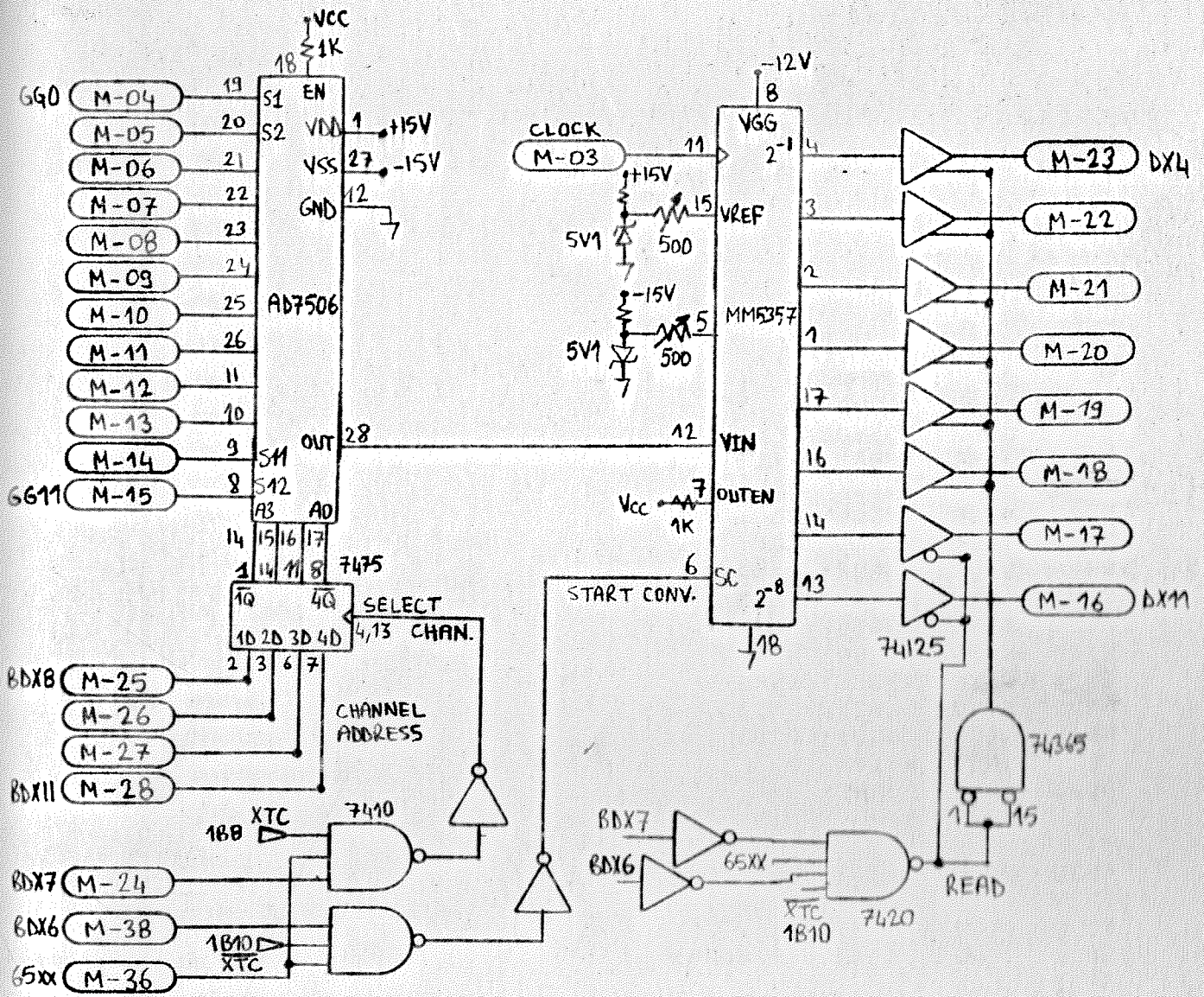




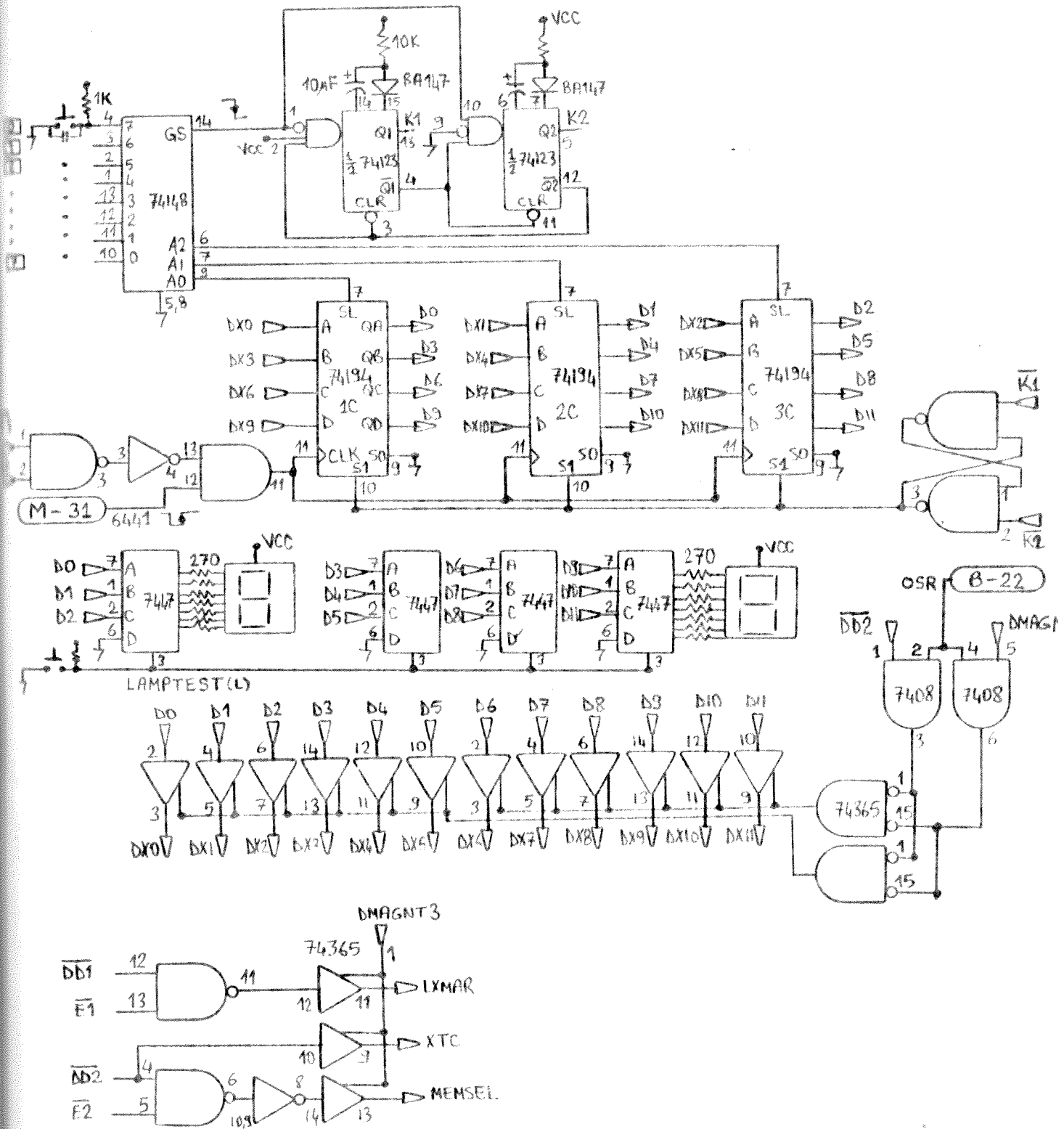
Şekil E10: SGI(SG2) Kartı



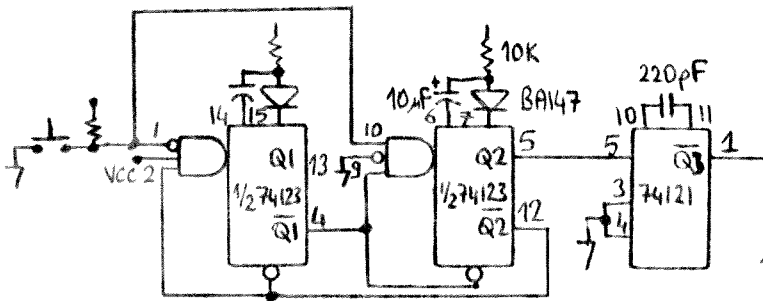
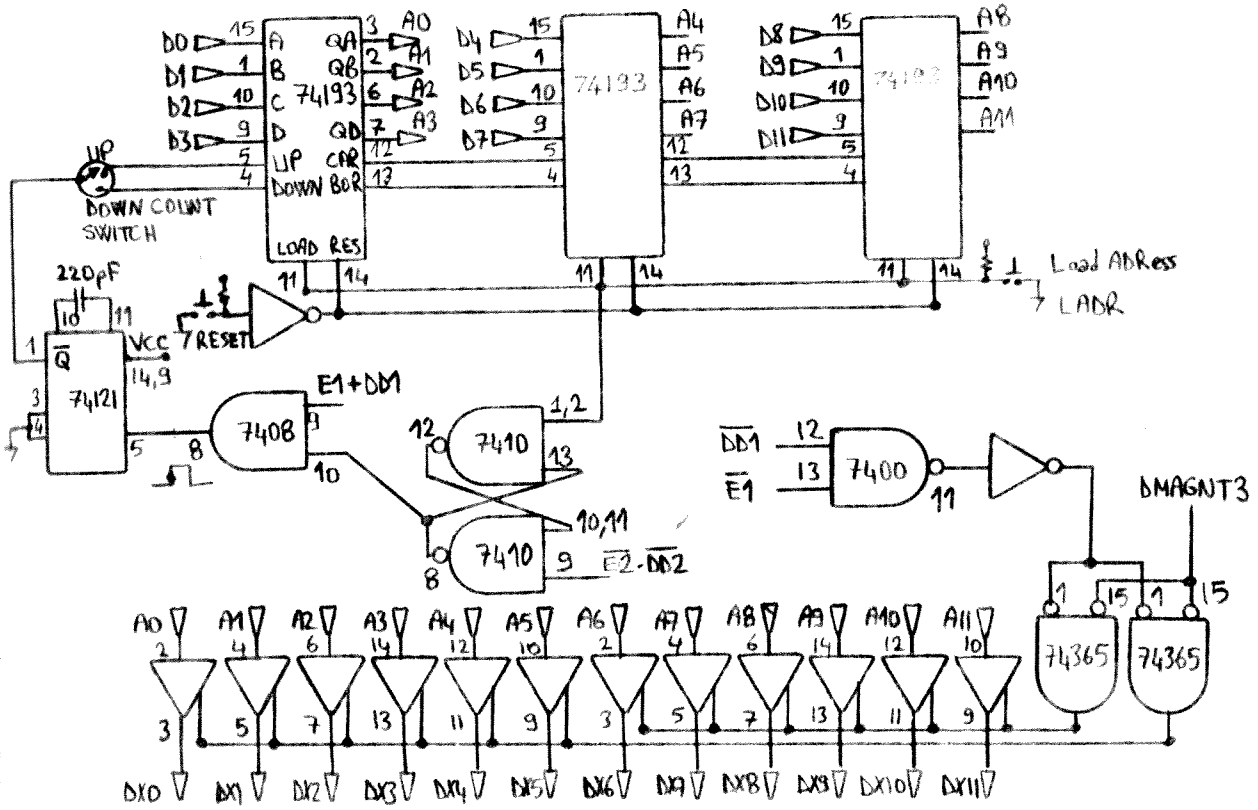
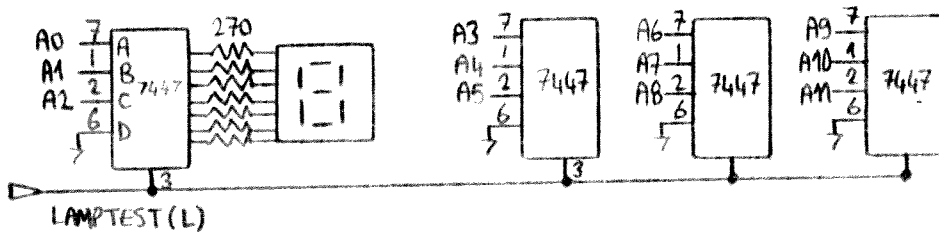
Şekil E11: Adım Kontrol Kartı



Şekil E12: Gerilim Sayı Çevirici Kartı

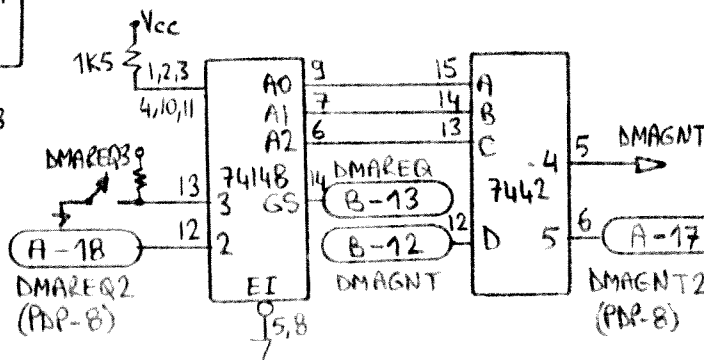


Şekil E13: Kumanda Levhası Veri Kayıtı Kısmı



KEY: EXAM DEPOSIT

Q1: E1 DM1
Q2: E2 DD2
Q3: -



Şekil E14: Kumanda Levhası Adresleme Kayıtı Kısmı

1702 SPAOH DEVRESİNİN PROGRAMLANMA ŞARTLARI

1702 SPAOH devresinin 24 ucu vardır. Bunlardan sekizi adres girişi, sekizi bilgi çıkışı, üçü V_{CC} beslenme gerilimi üçü V_{DD} , V_{GG} ve V_{BB} besleme gerilimleri, biri yonga seçim girişi (\overline{CS}) ve sonuncusu da PROGRAM girişidir. Programlanırken bilgi çıkışları giriş olarak kullanılır. Programlama hali doğru akım karakteristikleri ile darbe şekilleri ve zamanlamaları, yapımcı tarafından Şekil E15 ve Şekil E16 da görüldüğü gibi belirtilmiştir[29]. Normal programlama işleminde sıfırıncı hafıza yerinden başlanır, sırayla her hafıza yeri için şekilde görülen darbeler uygulanır. Böylece bütün hafıza tarandığında bir programlama devri tamamlanmış olur. Programlama devirlerine, hafızaya yerleştirilmek istenen bilgiler doğru olarak okunana kadar devam edilir. Ondan sonra dört misli kadar daha programlama devri uygulanarak işlem tamamlanmış olur. Arada geçen toplam zaman yaklaşık olarak 30 saniyedir.

Darbe şekillerinde dikkate değer noktalar düşme ve yükselme sürelerinin en çok 1 mikro-saniye olması ve V_{DD} , V_{GG} darbelerinin iş oranının (duty cycle) en fazla %20 olabilmesidir. Doğru akım karakteristiklerindeki dikkate değer noktalar ise, V_{BB} kaynağının 100 ma azami akımla hudutlandırılması ve V_{DD} girişindeki akımın 100 mikrosaniyeden uzun bir süreyle 300 ma'ı aşmasına izin verilmemesidir.

SILICON GATE MOS 1602A/1702A

PROGRAMMING OPERATION

D.C. and Operating Characteristics for Programming Operation

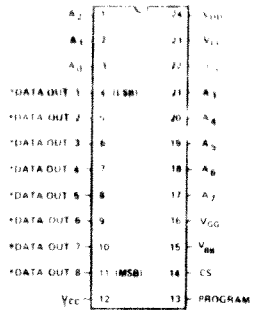
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 0\text{V}$, $V_{BB} = +12\text{V} \pm 10\%$, $CS = 0\text{V}$ unless otherwise noted

SYMBOL	TEST	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	CONDITIONS
I_{L1P}	Address and Data Input Load Current			10	mA	$V_{IN} = -48\text{V}$
I_{L2P}	Program and V_{GG} Load Current			10	mA	$V_{IN} = -48\text{V}$
I_{BB}	V_{BB} Supply Load Current		10		mA	(Note 5)
I_{DDP}	Peak V_{DD} Supply Load Current		200		mA	$V_{DD} = V_{DDP} = 48\text{V}$ $V_{CC} = 35\text{V}$ (Note 4)
V_{IH1P}	Input High Voltage Pulsed Data Input	-46		48	V	
V_{IL1P}	Input Low Voltage Pulsed Data Input	-46		48	V	
V_{IL2P}	Address Input Low Voltage	-40		48	V	
V_{IL3P}	Pulsed Input Low V_{DD} and Program Voltage	-46		-48	V	
V_{IL4P}	Pulsed Input Low V_{GG} Voltage	-35		-40	V	

Note 4: I_{DDP} flows only during V_{DD} , V_{GG} on time. I_{DDP} should not be allowed to exceed 300mA for greater than 100µsec. Average power supply current I_{DDP} is typically 40mA at 20% duty cycle.

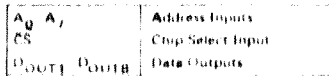
Note 5: The V_{BB} supply must be limited to 100mA max. current to prevent damage to the device.

PIN CONFIGURATION

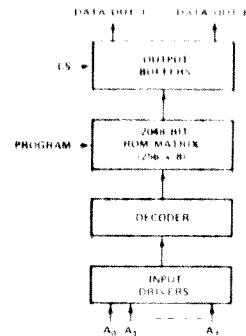


*THIS PIN IS THE DATA INPUT LEAD DURING PROGRAMMING.
See page 38 for operational connection.

PIN NAMES



BLOCK DIAGRAM



NOTE: In the read mode a logic 1 at the address inputs and data outputs is a high and logic 0 is a low.

U.S. Patent No. 3660R19

Şekil E15: 1702 SPA0H devresinin kataloğunda gösterilen, programlama hali doğru akım karakteristikleri ve uçlarının dizilimi

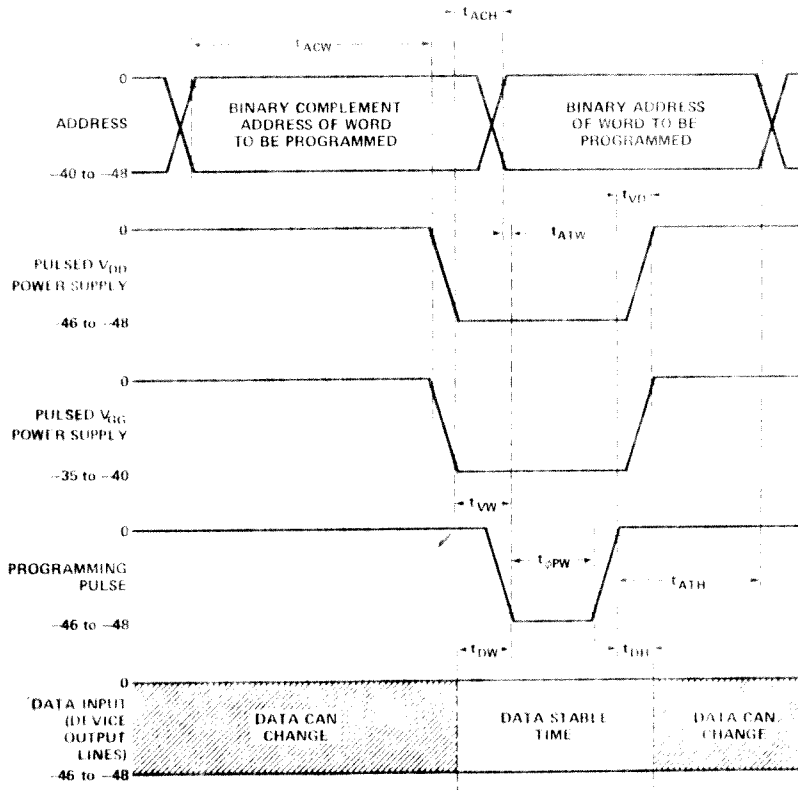
Switching Characteristics for Programming Operation

Conditions of Test:

Input pulse rise and fall times ≈ 1 nsec

CS = 0V

PROGRAM WAVEFORMS



A.C. Characteristics for Programming Operation

$T_{AMBIENT} = 25^{\circ}C$, $V_{CC} = 0V$, $V_{BB} = +12V \pm 10\%$, CS = 0V unless otherwise noted

SYMBOL	TEST	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	CONDITIONS
	Duty Cycle (V_{DD} , V_{GG})			20	%	
$t_{\phi PW}$	Program Pulse Width			3	ms	$V_{GG} = -35V$, $V_{DD} = V_{prog} = -48V$
t_{DW}	Data Set Up Time	25			μs	
t_{DH}	Data Hold Time	10			μs	
t_{VW}	V_{DD} , V_{GG} Set Up	100			μs	
t_{VD}	V_{DD} , V_{GG} Hold	10		100	μs	
$t_{ACW}^{(6)}$	Address Complement Set Up	25			μs	
$t_{ACH}^{(6)}$	Address Complement Hold	25			μs	
t_{ATW}	Address True Set Up	10			μs	
t_{ATH}	Address True Hold	10			μs	

Note 6: All 8 address bits must be in the complement state when pulsed V_{DD} and V_{GG} move to their negative levels. The addresses (0 through 255) must be programmed as shown in the timing diagram for a minimum of 12 times.

Şekil E16: 1702 SPAOH devresinin programlanması için katalogunda gösterilen darbeler ve zamanları

SPA0H-PSC CİHAZININ DEVRELERİ

E3.1. CİHAZIN KARTLARI

SPA0H-PSC cihazının devreleri A,B,C,D kartları olmak üzere dört kart üzerine yerleştirilmiştir. Bunlar cepheden bakıldığında soldan itibaren aynı harfleri taşıyan yuvalara takılıdır.

A kartı üzerinde bilgi kayıtının bitlerine bağlı olan sekiz adet darbe yükselteci ile SPA0H bilgi çıkışlarını ara kayıt girişlerine bağlayan araçlar bulunmaktadır.

B kartı üzerinde adres kayıtının bitlerine bağlı olan sekiz adet darbe yükselteci ile V_{DD} , V_{CC} yükselteci vardır.

C kartı üzerinde -48 volt ve -10 volt güç kaynakları ile yükselteç besleme kontrol devresi vardır. Yükselteç besleme kontrol devresinin CNTL ve CNTH olarak gösterilen iki çıkış ucu vardır. Bunlar giriş kontrollarına göre ya CNTL -48 volt, CNTH 0 volt veya CNTL 0 volt, CNTH +5 volt olmaktadır.

D kartı üzerinde +12 volt ve +5 volt güç kaynakları, V_{BB} ve V_{CC} kontrol devreleri ve ara kayıttan yüklenen kayıtların olduğu sayısal kontrol devreleri yer almaktadır.

Aşağıdaki kısımlarda kart yuvaları aralarındaki bağlantılar ve kartlarda yer alan devreler verilmiştir.

E3.2. YUVA BAĞLANTILARI

SPA0H-PSC'deki yuva bağlantıları, El.2. de MHS'nin yuva bağlantılarının veriliş usulüne uygun tarzda ve tablolar halinde aşağıda gösterilmiştir.

A Yuvası

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
A1		
A2		
A3		
A4		
A5		
A6	D4	SPA0H8
A7	D5	SPA0H9
A8	D6	SPA0H10
A9	D7	SPA0H11
A10	$\bar{D}5$	BRIN7
A11	$\bar{D}4$	BRIN8
A12	$\bar{D}6$	BRIN6
A13	$\bar{D}7$	BRIN5
A14	+5V	A25, B10, B13, C40, D40
A15		
A16	DR7	D9
A17	DR6	D8
A18	DR5	D7
A19	DR4	D6
A20	DR3	D5
A21	DR2	D4
A22	DR1	D3
A23	DRO	D2
A24		
A25	+5V	A14, B10, B13, C40, D40
A26	CNT.H	B31, C31
A27		
A28	D0	SPA0H4
A29	D1	SPA0H5
A30	D2	SPA0H6
A31	D3	SPA0H7
A32		
A33		
A34	CNT.L	B34, C23
A35		
A36	GND	B28, C1, C2, D1, SPA0H14
A37	$\bar{D}0$	BRIN12
A38	$\bar{D}1$	BRIN11
A39	$\bar{D}2$	BRIN10
A40	$\bar{D}3$	BRIN9

B Yuvası

<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
B1	VDD	SPA0H
B2	VGG	SPA0H
B3	AD4	SPA0H
B4	AD5	SPA0H
B5	AD6	SPA0H
B6	AD7	SPA0H
B7		
B8	-10V	C4
B9		
B10	+5V	A14, A25, B13, C40, D40
B11		
B12		
B13	+5V	A14, A25, B10, C40, D40
B14		
B15	AR7	D29
B16	AR6	D28
B17	AR5	D27
B18	AR4	D26
B19	VDD ve VGG(Sinyali)	D39
B20	Prog.CNT.	D38
B21	AR3	D25
B22	AR2	D24
B23	AR1	D23
B24	ARO	D22
B25	I _{DD} Limit int.	BRTTL int.r/p
B26	VDD ve VCC CNT.	O30
B27		
B28	GND	A36, C1 C2, D1, SPA0H14
B29		
B30		
B31	CNT.H	A26, C31
B32		
B33		
B34	CNT.L	A34, C23
B35		
B36	ADO	SPA0H3
B37	AD1	SPA0H2
B38	AD2	SPA0H1
B39	AD3	SPA0H21
B40	Prog.	SPA0H13

C Yuvası

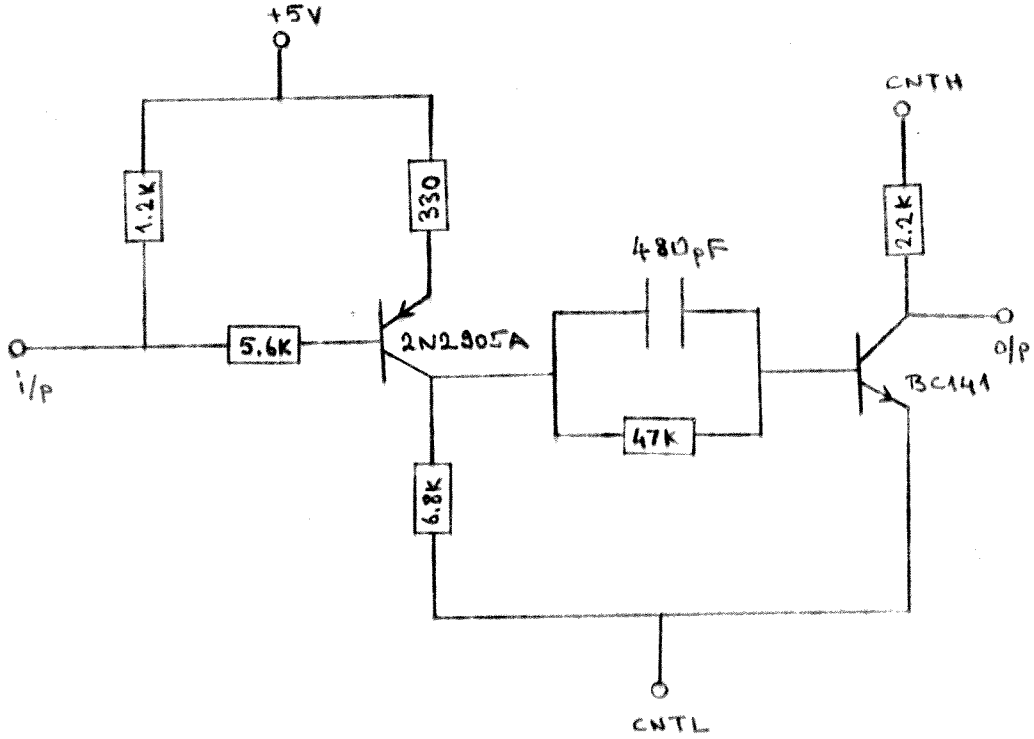
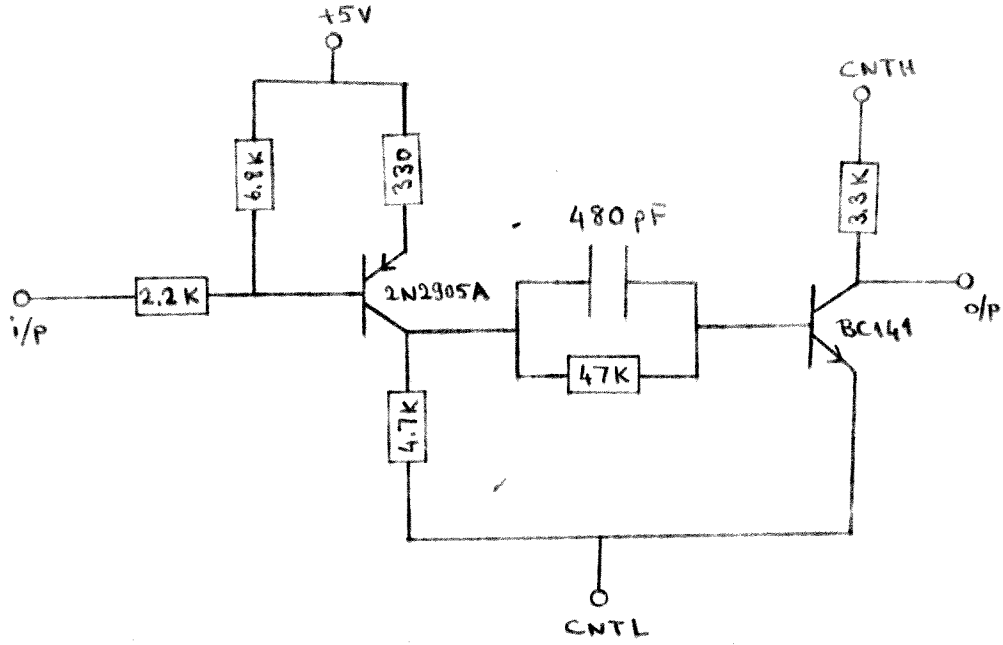
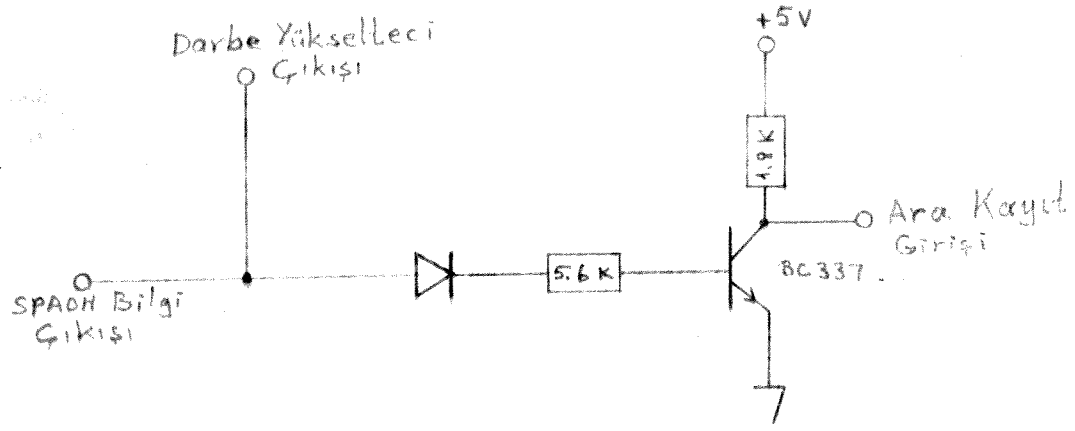
<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
C1	GND	A36, B28, C2, D1, SPAOH14
C2	GND	A36, B28, C1, D1, SPAOH14
C3		
C4	-10V	B8
C5		
C6		
C7		
C8	50VAC	
C9		
C10	50VAC	
C11		
C12		
C13		
C14		
C15		
C16		
C17		
C18		
C19		
C20	-48V	
C21		
C22		
C23	CNT.L	A34, B34
C24		
C25		
C26		
C27	RM CNT	D32
C28		
C29		
C30		
C31	CNT.H	A26, B31
C32		
C33		
C34		
C35		
C36		
C37	PM CNT	D31
C38		
C39		
C40	+5V	A14, A25, B10, B13, D40

D Yuvası

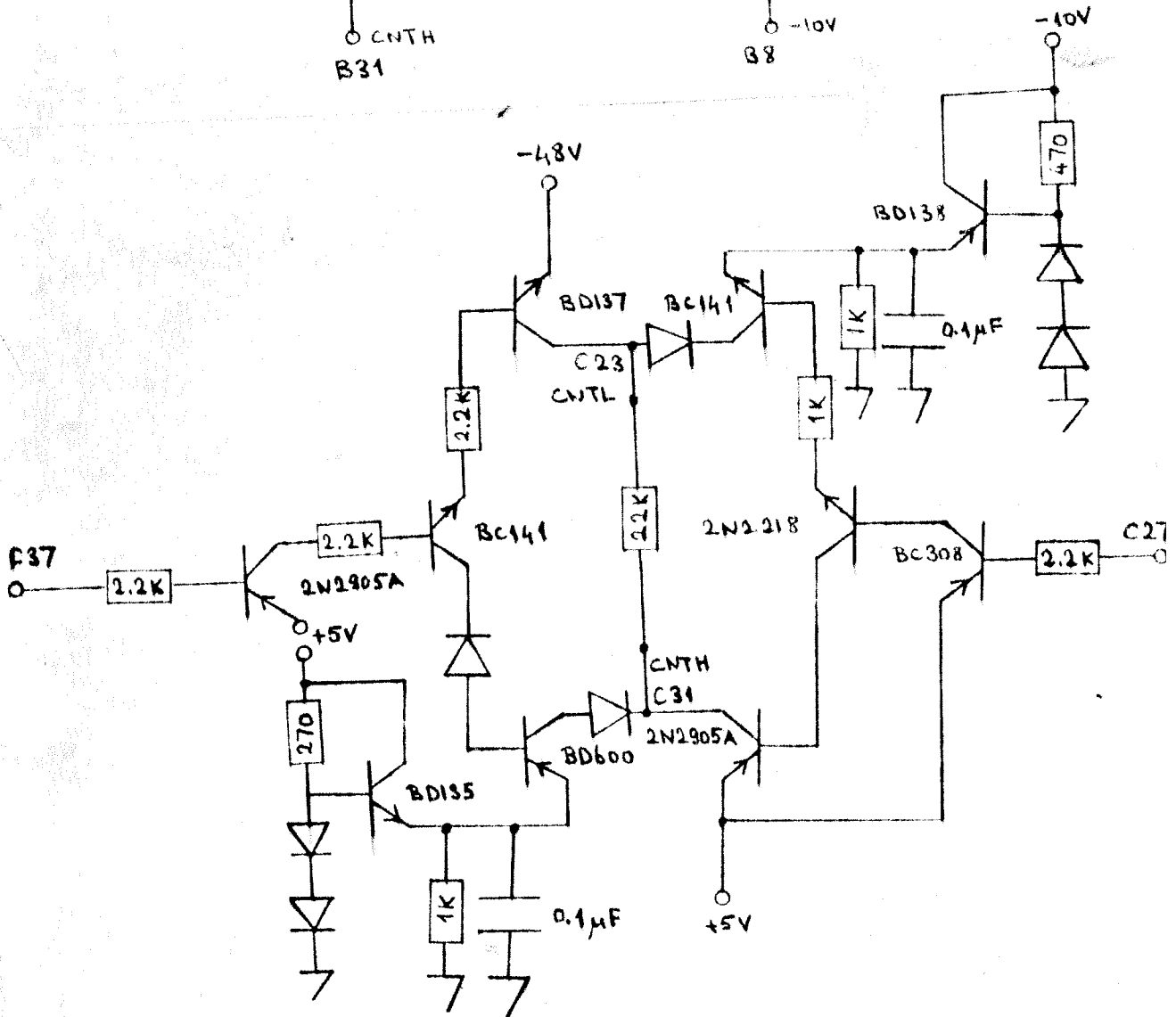
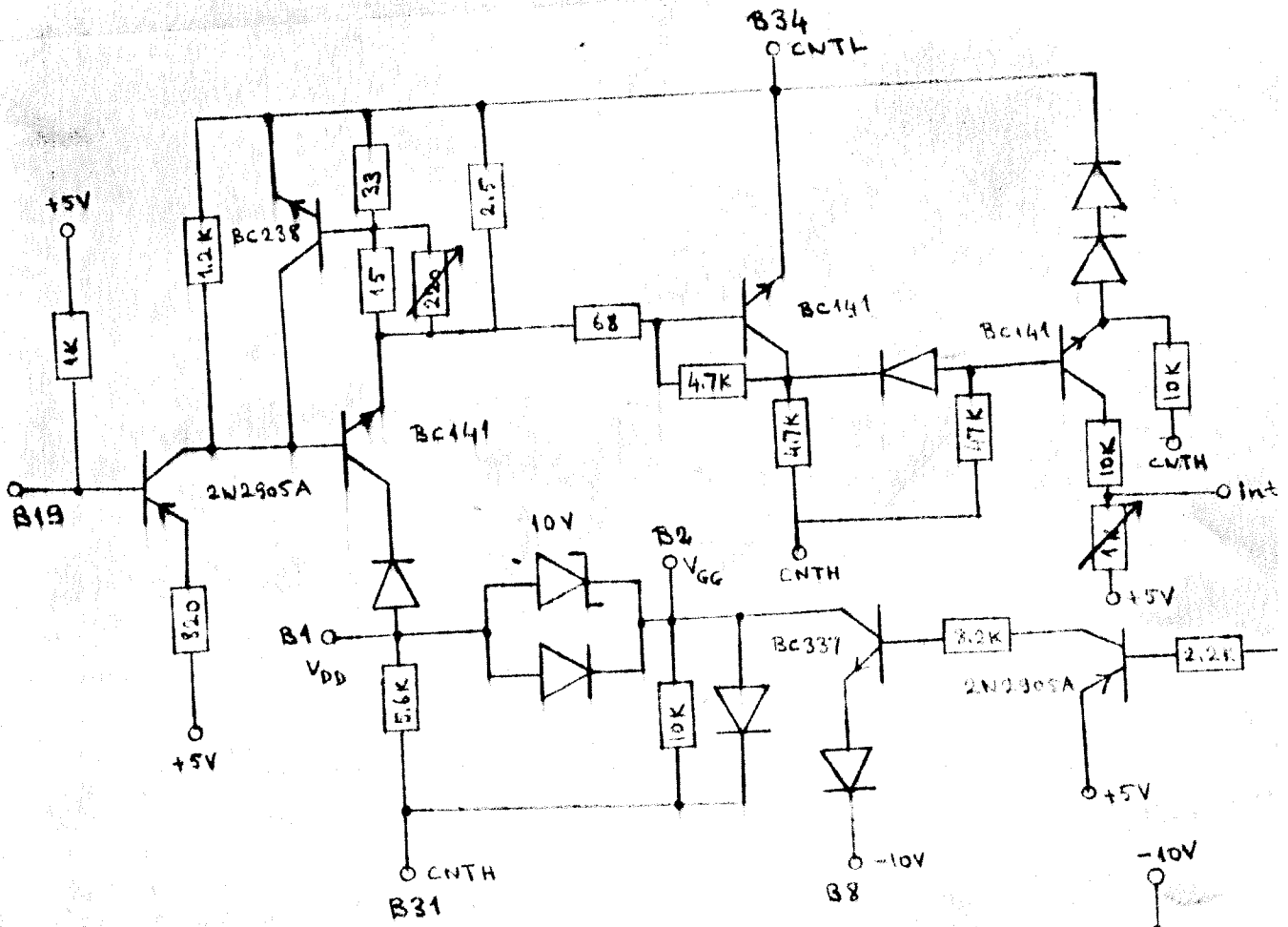
<u>Yuva Ucu</u>	<u>Bağlantı İsmi</u>	<u>Bağlandığı Yer</u>
D1	GND	A36, B28, C1, C2, SPAOH14
D2	DR0	A23
D3	DR1	A22
D4	DR2	A21
D5	DR3	A20
D6	DR4	A19
D7	DR5	A18
D8	DR6	A17
D9	DR7	A16
D10	BR0	BROUT12
D11	BR1	BROUT11
D12	BR2	BROUT10
D13	BR3	BROUT9
D14	BR4	BROUT8
D15	BR5	BROUT7
D16	BR6	BROUT6
D17	BR7	BROUT5
D18	BR9	BROUT3
D19	BR10	BROUT2
D20	BR11	BROUT1
D21	IOP	BROUT13
D22	AR0	B24
D23	AR1	B23
D24	AR2	B22
D25	AR3	B21
D26	AR4	B18
D27	AR5	B17
D28	AR6	B16
D29	AR7	B15
D30	VDD ve VGG CNT	B26
D31	PM CNT	C37
D32	RM CNT	C27
D33	SPAOH VCC	SPAOH12, 23, 24
D34	SPAOH VBB	SPAOH15
D35	9VAC	
D36	12VAC, 9VAC ortak ucu	
D37	12VAC	
D38	Prog. CNT.	B20
D39	VDD ve VGG (Sinyali)	B19
D40	+5V	A14, A25, B10, B13, C40

E3.3. KARTLARDA YER ALAN DEVRELER

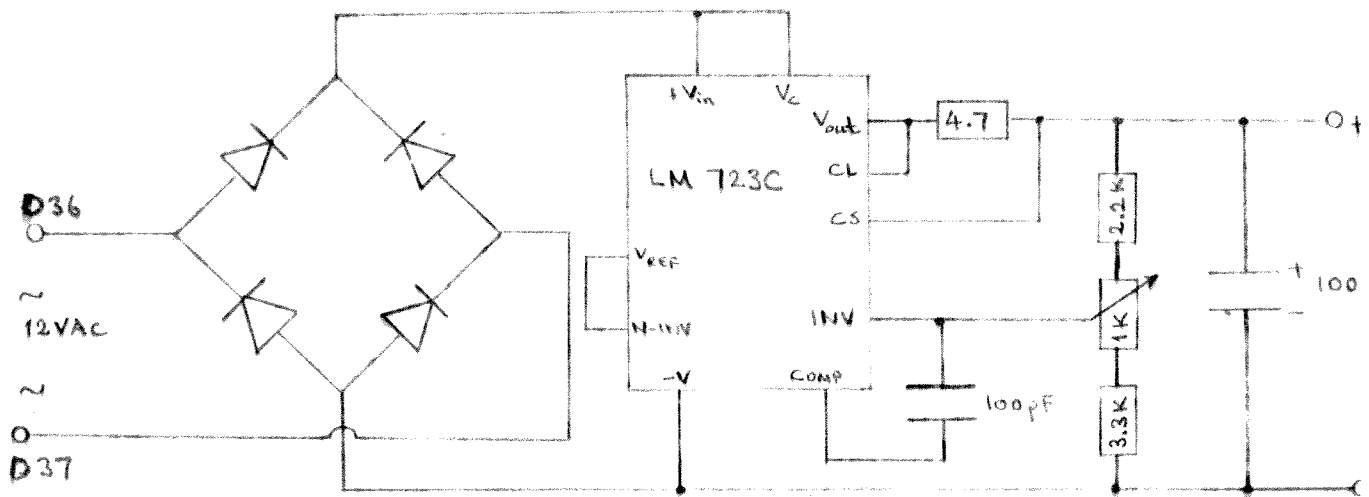
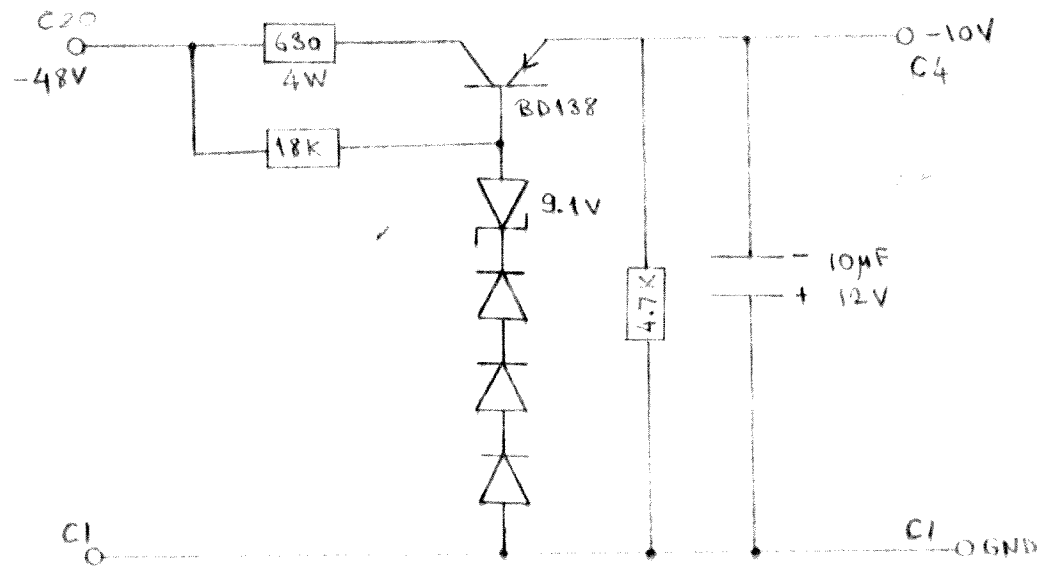
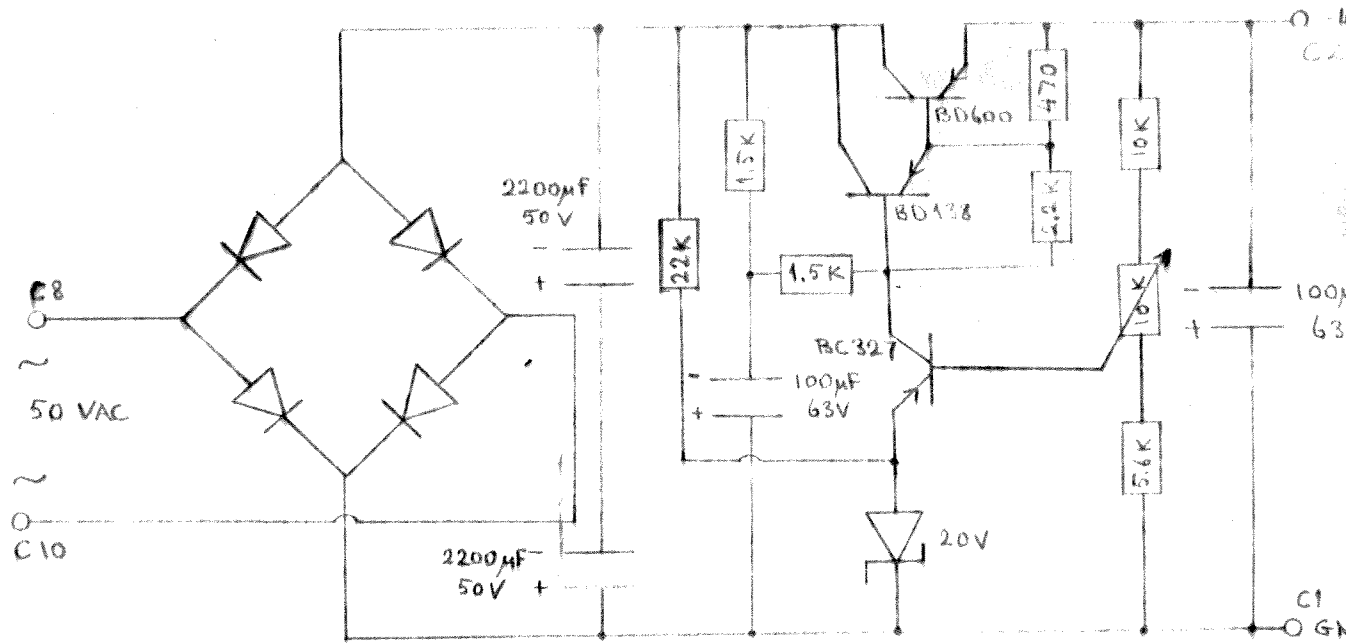
Cihazın kartları üzerindeki devreler aşağıdaki Őekillerde gösterilmiştir. Bu konuda gene Ek-1 de MHS için kabul edilen usuller uygulanmıştır. Ayrıca birbirinin eşi olan devrelerin hepsini göstermek yerine yalnız birini göstermek yeterli bulunmuştur.



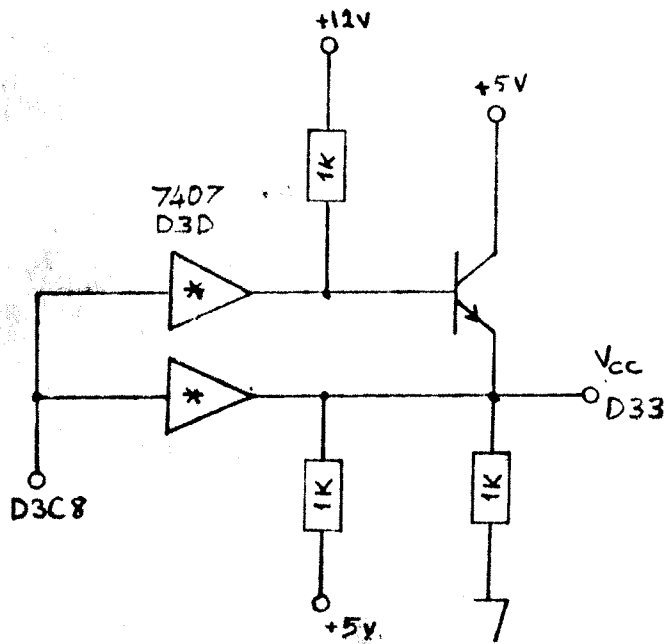
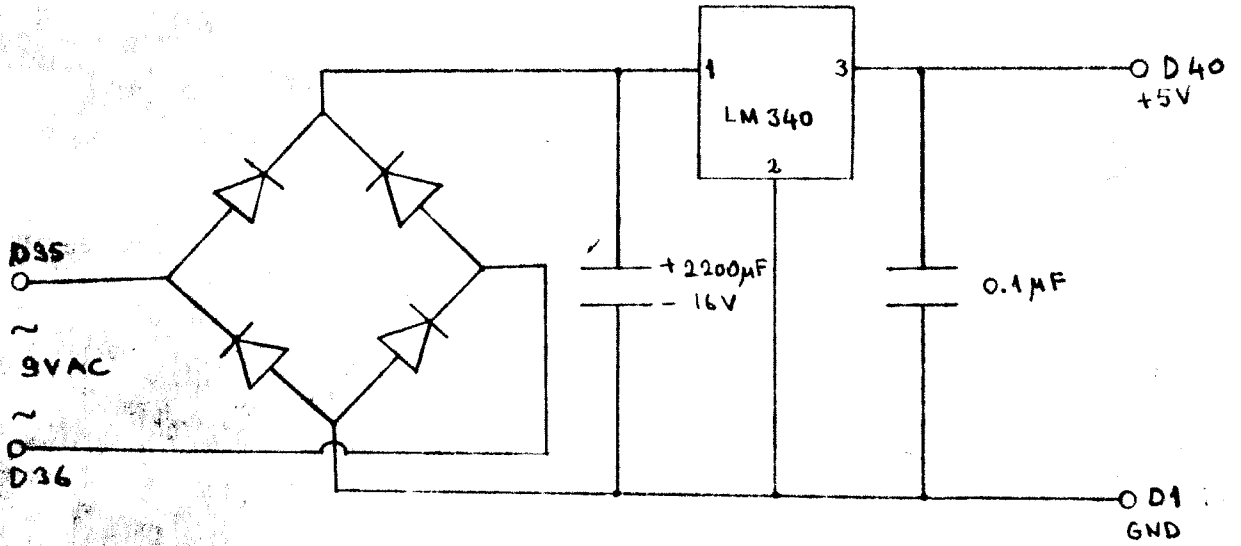
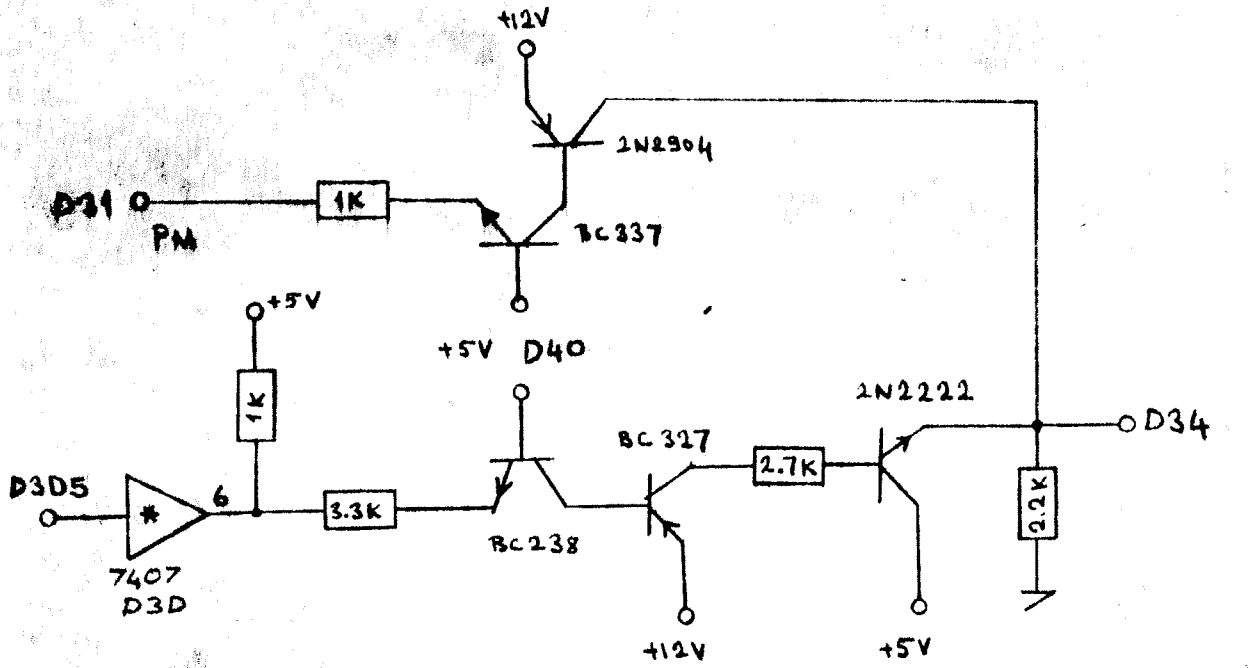
Şekil E17: (a) SPADH bilgi çıkışlarını ara kayıt girişlerine bağlayan araçlardan birisi (Kart A); (b) Bir bilgi yükselteci (Kart A); (c) Bir adres yükselteci (Kart B)



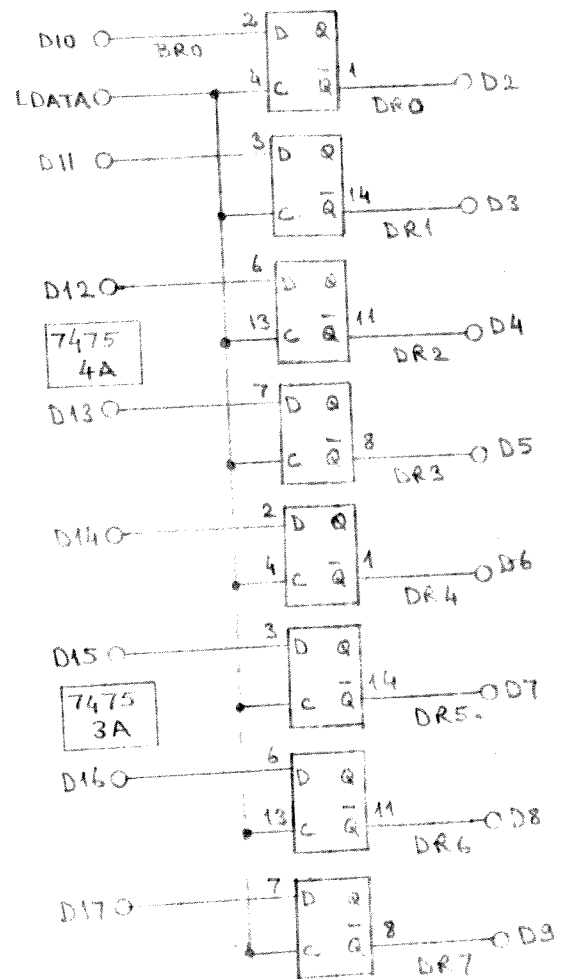
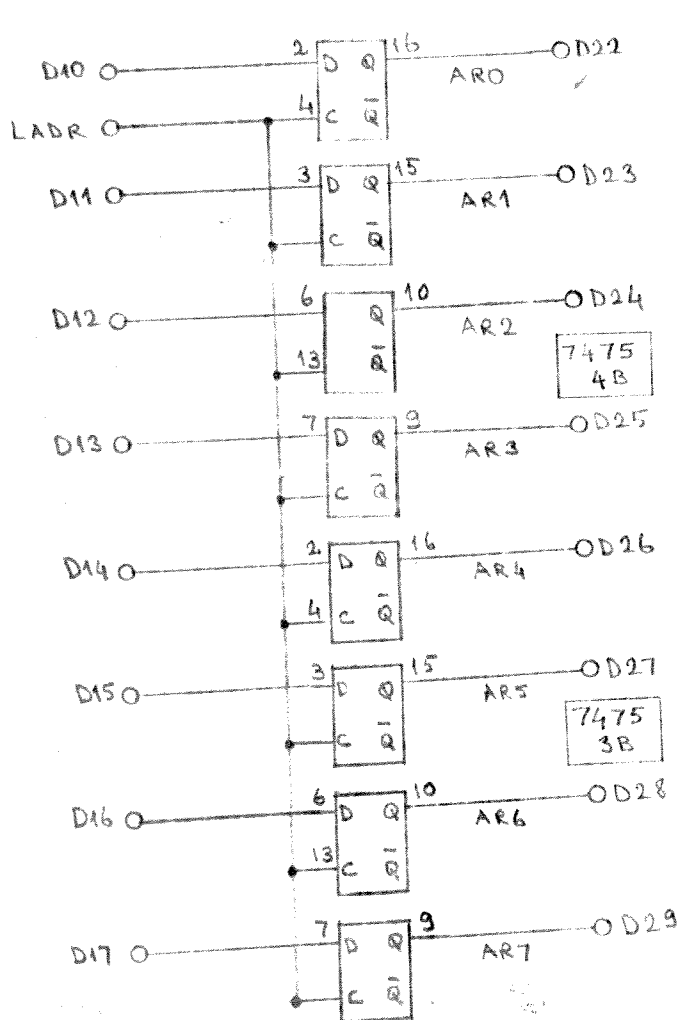
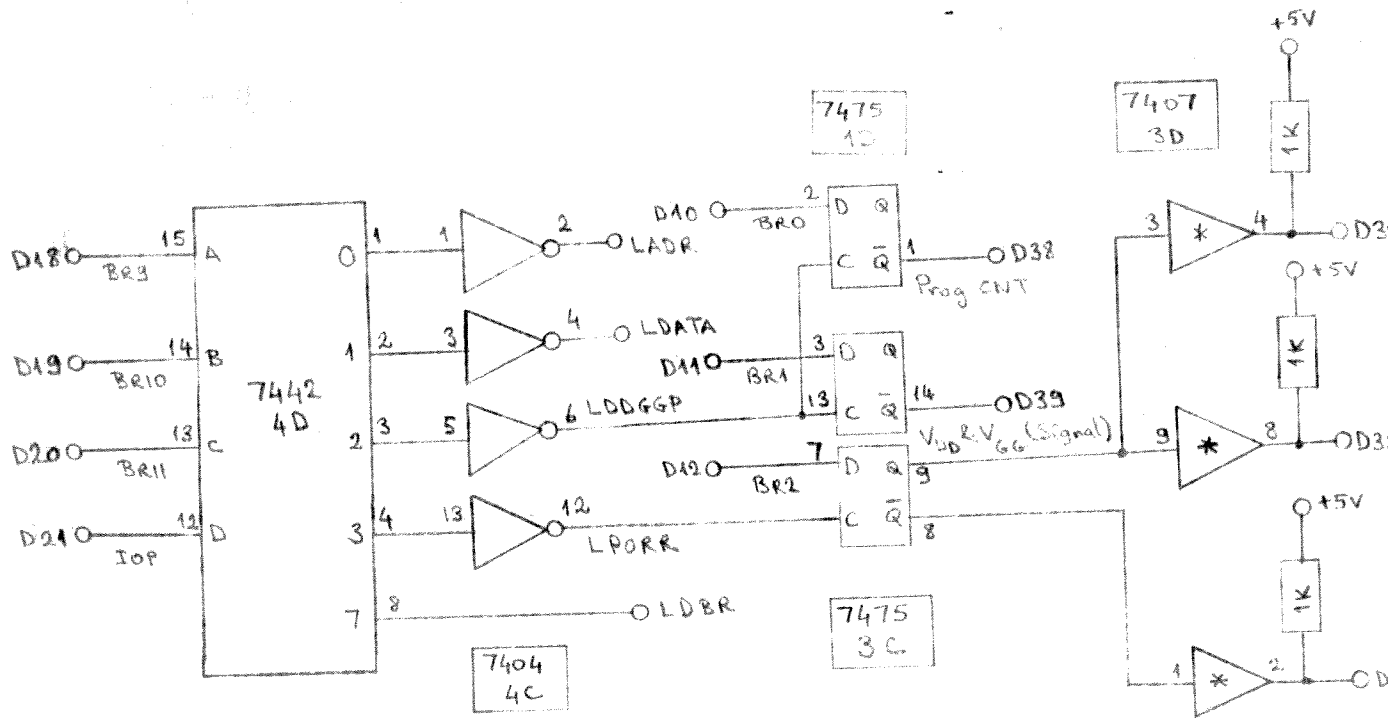
Şekil E18: (a) VDD, VGG yükseltici (Kart B); (b) yükselteç besleme kontrol devresi (Kart C)



Şekil E19 - (a) -48 volt güç kaynağı (Kart C); (b) -10 volt güç kaynağı (Kart C); (c) 12 volt güç kaynağı (Kart D)



Şekil E20: (a) VBB kontrol devresi (Kart D); (b) 5 volt güç kaynağı (Kart D); (c) VCC kontrol devresi (Kart D)



Şekil E21: Sayısal kontrol devreleri (Kart D)

E K - 4

SPA0H-PSC KONTROL PROGRAMI

PDP-8 den gelen talimatlara göre darbeler üreten SPA0H-PSC'nin Ek 2 de belirtilen zamanlamaları gerçekleştirebilmesi için aşağıda verilen PDP-8 programı kullanılmaktadır. Programda, 1702 ye yerleştirilecek bilgilerin hafızanın 2048 inci yerinden itibarenki 256 yere evvelden bulunduğu var sayılır. Bu yerlerden alınan bilgilere göre programlama devirleri uygulanır. Her programlama devrinden sonra bir defa okuma haline geçerek hafızanın doğru okunup okunmadığı kontrol edilir. Böylece program devirlerine ne kadar süreyle devam edileceği tavin edilir. Bu arada program kesme işareti alınırsa VDD akımının hududu geçtiği anlaşılır ve program kesmeyi ele alan alt yordam **VDD**, VGG, seviyesini sıfıra indirir.

//SPA0H-PSC KONTROL PROGRAMI

BSF=6101 /SKIP IF BUF.REG.FLAG IS SET
 CBR=6102 /CLEAR BUF.REG.AND FLAG
 LBR=6106 /TRANSFER THE CONTENTS OF ACC.TO BUF.REG.
 LAC=6113 /TRANSFER THE CONTENTS OF BUF.REG.TO ACC.
 ISLEM=6114 /PRODUCE 10T4B PULSE

*0
 0000 0000 INTERRUPT,0
 0001 7200 CLA
 0002 1052 TAD K0207
 0003 6046 TLS
 0004 4020 JMS CLEAR
 0005 7402 HLT

*20
 0020 0000 CLEAR,0
 /REMOVE VDD,VGG PULSE
 0021 7200 CLA
 0022 1055 TAD K2000
 0023 6106 LBR
 0024 6114 ISLEM
 0025 7200 CLA
 0026 1054 TAD K1000
 0027 6106 LBR
 0030 6114 ISLEM
 0031 7200 CLA
 0032 1053 TAD K0377
 0033 6106 LBR
 0034 6114 ISLEM
 0035 5420 JMP I CLEAR

*50
 0050 0000 COUNT,0
 0051 0000 HATA,0
 0052 0207 K0207,0207
 0053 0377 K0377,0377
 0054 1000 K1000,1000
 0055 2000 K2000,2000
 0056 2002 K2002,2002
 0057 2003 K2003,2003
 0060 3000 K3000,3000
 0061 3004 K3004,3004
 0062 4000 K4000,4000
 0063 7000 K7000,7000
 0064 7400 M400,-400
 0065 0000 PDPADR,0
 0066 0000 ROMADR,0
 0067 0000 TEKRAR,0

```

*200
0200 4216 AGAIN, JMS PROGRAM
0201 2067      ISZ TEKRAR
0202 4323      JMS READ      /RETURN WITH ACC=0000 IF READ (
0203 7440      SZA
0204 5200      JMP AGAIN
0205 7200      CLA
0206 1067      TAD TEKRAR
0207 7106      CLL RTL
0210 7041      CIA
0211 3067      DCA TEKRAR      /TEKRAR=-4*TEKRAR
0212 4216 AGAIN1, JMS PROGRAM
0213 2067      ISZ TEKRAR
0214 5212      JMP AGAIN1
0215 7402      HLT      /ACC=0000 WHEN PROGRAMMING COMPLETED.
0216 0000 PROGRAM,0
      /SET PROG MODE
0217 7200      CLA
0220 1061      TAD K3004
0221 6106      LBR
0222 6114      ISLEM
      /REMOVE VDD,VGG&PROG PULSE
0223 7200      CLA
0224 1055      TAD K2000
0225 6106      LBR
0226 6114      ISLEM
      /INITILIZE PDPADR,ROMADR,COUNT
0227 7200      CLA
0230 1062      TAD K4000
0231 3065      DCA PDPADR
0232 3066      DCA ROMADR
0233 1064      TAD M400
0234 3050      DCA COUNT
      /TURN INTERRUPT ON FOR OVERCURRENT SENSING
0235 6102      CBR
0236 6001      ION
      /LOAD COMPLEMENT ADDRESS
0237 1066 OTHERS,TAD ROMADR      /ADR="0",1702 ADR=-40V="1"
0240 6106      LBR
0241 6114      ISLEM
0242 4312      JMS BEKLE
0243 0001      1      /TACW
      /SET VDD,VGG PULSE
0244 7200      CLA
0245 1056      TAD K2002
0246 6106      LBR
0247 6114      ISLEM
0250 4312      JMS BEKLE
0251 0010      10      /75 US
      /LOAD DATA
0252 7200      CLA
0253 1465      TAD I PDPADR
0254 1054      TAD K1000      /LDATA=1XXX
0255 6106      LBR
0256 6114      ISLEM
0257 4312      JMS BEKLE
0260 0000      0      /15 US

```

```

      /LOAD TRUE ADDRESS
0261 7200      CLA
0262 1066      TAD ROMADR
0263 7040      CMA
0264 0053      AND K0377      /LADR=0XXX
0265 6106      LBR
0266 6114      ISLEM
0267 4312      JMS BEKLE
0270 0000      0 /TATW
      /SET PROG PULSE
0271 7200      CLA
0272 1057      TAD K2003
0273 6106      LBR
0274 6114      ISLEM
0275 4312      JMS BEKLE
0276 1000      1000/TOPW
      /REMOVE PROG PULSE
0277 7200      CLA
0300 1056      TAD K2002
0301 6106      LBR
0302 6114      ISLEM
0303 4020      JMS CLEAR
0304 4312      JMS BEKLE
0305 4400      4400/TO PROVIDE 30% DUTY CYCLE
      /INCREMENT ROMADR,PDPADR,COUNT
0306 2066      ISZ ROMADR
0307 2065      ISZ PDPADR
0310 2050      ISZ COUNT
0311 5237      JMP OTHERS /END OF FIRST PASS
0312 0000      BEKLE,0
0313 7200      CLA
0314 1712      TAD I BEKLE
0315 7040      CMA
0316 7001      IAC
0317 7440      SZA
0320 5316      JMP.-2
0321 2312      ISZ BEKLE
0322 5712      JMP I BEKLE
0323 0000      READ, 0
      /TURN INTERRUPT ENABLE OFF
0324 6002      IOF
      /SET READ MODE
0325 7200      CLA
0326 1060      TAD K3000
0327 6106      LBR
0330 6114      ISLEM
      /VDD,VGG&PROG REC. AND DATA AMP. OUTPUTS HI-Z
0331 7200      CLA
0332 1055      TAD K2000
0333 6106      LBR
0334 6114      ISLEM
0335 7200      CLA
0336 1054      TAD K1000
0337 6106      LBR
0340 6114      ISLEM

```

```

/INITIALIZE PDPADR,ROMADR,COUNT,HATA
0341 7200      CLA
0342 1062      TAD K4000
0343 3065      DCA PDPADR
0344 3066      DCA ROMADR
0345 1064      TAD K4000
0346 3050      DCA COUNT
0347 3051      DCA HATA

/LOAD ADDRESS
0350 1066      OKUMA,TAD ROMADR
0351 6106      LBR
0352 6114      ISLEM

/LOAD DATA TO HUF.REG. THEN TO ACC.
0353 7200      CLA
0354 1063      TAD K7000
0355 6106      LBR
0356 6114      ISLEM
0357 6113      LAC
0360 0053      AND K0377

/TEST IF ANY ERROR EXISTS
0361 7041      CIA
0362 1465      TAD I PDPADR
0363 7440      SZA
0364 3051      DCA HATA      /HATA><0

/INCREMENT ROMADR,PDPADR,COUNT
0365 2066      ISZ ROMADR
0366 2065      ISZ PDPADR
0367 2050      ISZ COUNT
0370 5350      JMP OKUMA
0371 1051      TAD HATA
0372 5703      JMP I READ

```



```

/INITILIZE PDPADR,ROMADR,COUNT,HATA
0341 7200      CLA
0342 1062      TAD K4000
0343 3065      DCA PDPADR
0344 3066      DCA ROMADR
0345 1064      TAD M400
0346 3050      DCA COUNT
0347 3051      DCA HATA

/LOAD ADDRESS
0350 1066      OKUMA,TAD ROMADR
0351 6106      LBR
0352 6114      ISLEM

/LOAD DATA TO HUF.REG. THEN TO ACC.
0353 7200      CLA
0354 1063      TAD K7000
0355 6106      LBR
0356 6114      ISLEM
0357 6113      LAC
0360 0053      AND K0377

/TEST IF ANY ERROR EXISTS
0361 7041      CIA
0362 1465      TAD I PDPADR
0363 7440      SZA
0364 3051      DCA HATA      /HATA><0

/INCREMENT ROMADR,PDPADR,COUNT
0365 2066      ISZ ROMADR
0366 2065      ISZ PDPADR
0367 2050      ISZ COUNT
0370 5350      JMP OKUMA
0371 1051      TAD HATA
0372 5723      JMP I READ

```