

50082.

16 BİTLİK HPC KARTI TASARIMI İLE
SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

Hamdi Melih SARAÖĞLU

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

Danışman : Prof.Dr. Hamdi ATMACA

Temmuz-1996

Hamdi Melih SARAOĞLU'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "16 BİTLİK HPC KARTI TASARIMI İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

28./09/1995

Üye : Prof.Dr.Hamdi ATMACA

Üye : Prof.Dr.Atila Barkana

Üye : Doç.Dr.Abdurrahman Karamancıoğlu

Handwritten signatures of Prof. Dr. Hamdi Atmaca, Prof. Dr. Atila Barkana, and Doç. Dr. Abdurrahman Karamancıoğlu.

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **.17.10.1995**
gün ve**09**..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Handwritten signature of the Dean of the Faculty of Sciences.
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

16 BİTLİK HPC KARTI TASARIMI İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

ÖZET

Bu çalışma yapılan 16 bit'lik HPC kartının tasarımı ile uygun termokupl'lar kullanılarak sıcaklık ölçülmüştür.

16 bit'lik HPC kartında yapılan tasarımın çizimi ve baskı devresi çıkarılmıştır. Mikrokontrolcü olarak HPC 46003 elemanı kullanılmıştır. Geniş bir uygulama alanına sahip olan HPC46003 elemanı, 16 veya 8 bit olmak üzere iki modda kullanılabilir. 8 bit mod önceki çalışmalarda uygulandığından, bu çalışmada HPC46003 elemanı 16 bit modda çalıştırılmak üzere tasarlanmıştır. Böylece, HPC elemanının 16 bit modda çalışırken gösterdiği üstün performans 8 bit moda göre kıyaslanarak inceleme imkanı sağlanmıştır.

Sıcaklık ölçümünde dönüştürücü olarak termocupl kullanılmıştır. Ölçülmesi gereken sıcaklığa göre termokupl'lar çizelgelerden seçilmiştir. Seçilen uygun termokupl vasıtasıyla sıcaklıklar bir yükseltici devreden geçirilerek ADC'ye verilmiştir. ADC'de referans gerilimlere göre örneklenen bu değerler HPC ile ölçeklendikten sonra displayde görüntülenir.

Sistem yazılım destekli çalıştığından, sıcaklık kontrolü ile ilgili hazırlanan program ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Böylece, sıcaklık ölçümü istenilen sınırlar arasında tutulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER:HIGH PERFORMANCE CONTROLLER(HPC), SICAKLIK ÖLÇÜMÜ, SICAKLIK KONTROLÜ, ÖLÇÜM(INSTRUMENTATION) KUVVETLENDİRİCİSİ, SICAKLIK DÖNÜŞTÜRÜCÜSÜ

TEMPERATURE MEASUREMENT WITH
16 BITS HPC BOARD DESIGN

SUMMARY

In this thesis, temperatures are measured by means of a designed board with 16 bits High Performance Controller (HPC) and by using suitable termocouples.

The PCB of 16 bits HPC was designed and plotted. HPC46003 was used as a microcontroller. The HPC 46003 type which has a broad industrial applications can work in two modes (8 bits and 16 bits). Since 8 bits mode operation had been applied, the 16 bits operation was chosen in our control system. Thus, comparison between 8 bits and 16 bits modes was made and shown that the performance of 16 bits mode was better than 8 bits mode.

For the measurement of temperature, termocuple was used as a transducer. Termocuples were chosen from tables according to the range of temperatures to be measured. The temperature of furnace read by termocuple was given to an ADC through an amplifier stage. The values which are obtained from ADC with respect to referance voltages are then converted into digital values. This digital values were shown on display of the system.

For a proper operation of the system, a suitable software was written to measure the required temperature of any range.

KEYWORDS:HIGH PERFORMANCE CONTROLLER (HPC), TEMPERATURE MEASUREMENT, TEMPERATURE CONTROL, INSTRUMENTATION AMPLIFIER, TEMPERATURE TRANSDUCER

TEŞEKKÜR

Bu projenin tasarımında ve gerçekleştirilmesinde her türlü yardımı gösteren sayın hocam Prof.Dr.Hamdi ATMACA'ya ve yardımı dokunan bütün arkadaşlara teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Tasarlanan sistemin blok diyagramı	3
2.1. Sistem konfigürasyonu:Single-chip modu	10
2.2. Sistem konfigürasyonu:16 bit mod	12
2.3. Sistem konfigürasyonu:8 bit mod	13
2.4. HPC blok diyagramı	15
2.5. Port A:I/O yapısı	17
2.6. Port B'nin B0,B1,B5,B6 ve B7 pin yapıları	17
2.7. Port B'nin B3,B4,B8,B9,B13 ve B14 pin yapıları	18
2.8. Port B'nin B10,B11,B12 ve B15 pin yapıları	18
2.9. HPC16083 için bacak bağlantı diyagramları	19
2.10. Dört giriş tutucu registerları ile T0,T1 ve T8 zamanlayıcıları	25
2.11. Zamanlayıcı blok diyagramı:T2 ve T3 zamanlayıcıları ...	27
3.1. En basit seri haberleşme için bağlantı şekli	29
3.2. Reset devresi	31
3.3. Kristal osilatör bağlantısı	31
3.4. Güç kaynağı bağlantıları	32
4.1. Demir-bakır termocupl elemanına ilişkin gerilim-sıcaklık karakteristiği	34
4.2. İki jonksiyonlu termocupl genel yapısı	34
4.3. Isıl gerilim-sıcaklık grafikleri	35
4.4. Termocuplda sıcak ve soğuk nokta sıcaklıkları	36
4.5. Termocupl sıcaklık-mV eğrileri	38
4.6. Termocuplların çeşitli izolasyon tipleri	39
4.7. Komple termocupl seti	49
4.8. Sıcaklık kartı	50
4.9. Sıcaklık Ölçüm Sonuçları	53
5.1. Sistem Program Akış Diyagramı	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Sistem konfigürasyonu	11
2.2. PSW'deki bitlere göre bekleme durumu	13
4.1. Çeşitli termocupllar ve sıcaklık sınırları	37
4.2. DIN standardı termocupl renk kodları	38
4.3. Termocupl eleman çaplarına göre sıcaklık sınırları ...	40
4.4. Metal koruyucu kılıfların DIN standardına göre birleşim oranları	41
4.5. Metal koruyucu kılıfların gazlara karşı dayanıklılığı..	42
4.6. Çeşitli ortam şartlarına göre en iyi ortam şartlarını veren termocupl koruyucu kılıfları	44
4.7. Koruyucu kılıfların kullanılabileceği uygulamalar	47
4.8. DIN 43710 ve IEC 584 standart kodları	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

HPC	: High Performance Controller.
BIT	: 0 yada 1 olabilen birim hücre.
BYTE	: 8 bitlik birim.
CPU (Central Processing Unit)	: Merkezi işlem birimi.
RAM (Random Access Memory)	: Yazılabilir, okunabilir hafıza.
ROM (Read Only Memory)	: Yalnızca okunabilir hafıza.
EPROM (Eraseable Programming ROM)	: Silinebilir, okunabilir hafıza.
ALU (Arithmetic Logic Unit)	: Aritmetik ve lojik işlemlerin yapıldığı birim.
HIGH	: Lojik 1 seviyesi.
LOW	: Lojik 0 seviyesi.
LSB	: En önemli bit.
MSB	: En önemsiz bit.
MEMORY MAPPED	: Hafıza haritalama.
TIMER	: Zamanlayıcı.
MICROWIRE/PLUS	: HPC'ye ait seri haberleşmede kullanılan sistem.
STACK POINTER	: Adreslerin yığıldığı birim.
UART	: Alıcı ve vericiden oluşan, seri haberleşmede kullanılan birim.
WATCHDOG LOGIC	: Single-chip alanı (8K'lık bölge) dışına çıkıldığı anda uyarı sinyali gönderen lojik birim.
HALT MODE	: Sistemi durduran mod.
IDLE MODE	: Sistemi belli bir süre durduran mod.
INTERRUPT	: Kesme.
REGISTER	: Kaydedici.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. 16 Bit HPC Kart Tasarımı	1
1.2. Tasarlanan 16 Bitlik HPC Kartının Uygulaması	2
2. HPC (HIGH PERFORMANCE CONTROLLER)	4
2.1. Genel Tanıtım	4
2.1.1. Düşük Güç İşlemleri	5
2.1.2. Komut Kümesi	5
2.1.3. HPC Uygulamaları	6
2.2. HPC'nin Özellikleri ve Mimari Yapısı	6
2.2.1. 8/16 Bit Data Kullanımı	6
2.2.1.1. Şartlı Komutlar ve Atlamalar	6
2.2.1.2. Adresleme	7
2.2.2. Elde (carry) Kullanımı	8
2.2.3. Von Neuman Yapısı ve Hafıza Haritalama	8
2.3. Bus Fonksiyonları ve Konfigürasyonu	9
2.3.1. Bus İşlemleri	9
2.3.2. Bus Modları ve Seçimi	9
2.3.2.1. Single Chip X Genişletilmiş Mod	9
2.3.2.2. Normal X ROM'suz Mod	10
2.3.2.3. 8 Bit X 16 Bit Mod	11
2.3.3. Bekleme Durumu	11
2.4. HPC Blok Diyagramı	14
2.4.1. Clock Pinleri	14
2.4.2. Güç Kaynağı Pinleri	14
2.4.3. Diğer Pinler	14
2.4.4. A ve B Portları	16
2.4.5. Giriş/Çıkış Portları	16
2.5. Hafıza Düzenlemesi ve Register Kümeleri	21
2.5.1. Register'lar	21
2.5.2. Processor Status Word (PSW)	21
2.6. Programlama Modeli	22
2.7. WATCHDOG Lojik	23
2.8. Reset Durumu	24

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>sayfa</u>
2.9. Zamanlayıcılar	25
2.9.1. Senkron Çıkışlar	26
2.9.2. Zamanlayıcı Registerları	26
3. DONANIM	28
3.1. ADC	28
3.2. RS-232C Seri Port Ünitesi	28
3.2.1. Standart Asenkron Haberleşme Protokolü	28
3.2.2. RS-232C Seri Portunun Programlanması	29
3.2.3. Seri Haberleşmede Kullanılan Entegre Devreler	30
3.3. Donanım Bağlantıları	30
3.3.1. Reset Devresi	30
3.3.2. Saat (Clock) Devresi	31
3.3.3. Güç ve Topraklama	31
3.4. Mikrokontrolör Kartı	32
4. YÜKSEK SICAKLIKLARIN ÖLÇÜMÜ	33
4.1. Termocupl	33
4.1.1. Termocupl Eleman Teli Cinsleri	36
4.1.2. Eleman Tellerinin İzole Edilmesi	38
4.1.3. Eleman Tellerinin Sıcaklık Sınırı	39
4.1.4. Koruyucu Kılıflar	39
4.1.5. Koruyucu Kılıf Seçimi	43
4.1.6. Termocupl mV Değerleri	48
4.1.7. Komple Termocupl Seti	48
4.2. Ölçüm (Instrumentation) Kuvvetlendiricisi	49
4.3. Sıcaklık Ölçüm Uygulaması	50
5. YAZILIM	54
5.1. Sistem Yazılımı	54
5.2. Seri Haberleşme Alt Programı	54
5.3. Sıcaklık Ölçüm Alt Programı	56
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR DİZİNİ	59

EKLER

1. Programlar
2. Baskı Devre Şemaları
3. Memory Map
4. HPC Komut Kümesi
5. Standart Eleman Tipi mV Tabloları

1. GİRİŞ

Son yıllarda mikrokontrolcülerin geliştirilmesi ve beraberinde çok yeni özellikler taşıması bu yapıların birçok alana girmesine imkan tanımıştır(Embedded Controllers Databook, 1992). Artık çoğu uygulamalarda mikroişlemci kullanılan yapıların yerlerini tutan mikrokontrolcü sistemler geliştirilmektedir(HPC Users' Manuel, 1987).

Bu tez çalışması temel olarak iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm 16 Bit HPC kartının tasarımı, ikinci bölüm ise tasarlanan bu kartın çalışmasını göstermek amacıyla bir uygulama üzerinde denenmesi şeklindedir.

1.1. 16 Bit HPC Kart Tasarımı

Bu tezde, mikrokontrolcü olarak HPC serisinden HPC46003 elemanı kullanılmıştır. HPC üzerinde bulunan 52 hatlık giriş/çıkış portlarının esnek yapısı ve çoklu görev yeteneğine sahip olması, tüm portların kullanımına imkan tanımaktadır. HPC, aynı anda 16 bit giriş/çıkış işlemi yapabilmektedir. Bu özellik HPC'nin hızını ve aktivitesini oldukça artırmaktadır(Microcontrollers Databook, 1988).

HPC'nin 52 hatlık giriş/çıkış portu bulunmaktadır. Portların esnek yapısı ve çoklu göreve (multitasking) uygunluğu dolayısıyla bütün portların kullanımı sağlanarak genel amaçlı kullanılabilir yapı oluşturulmuştur. A portu 16 bitlik adres/data bus olarak kullanılmış, dışardan giriş/çıkış işlemleri iki adet 8255'in paralel olarak A portuna bağlanmasıyla sağlanmıştır(Bkz. Ek.2). Böylece PC'den veya ilgili yerlerden (printer, sensör v.b) gelen 16 bitlik bilginin aynı anda kullanımı sağlanmıştır. B portunun düşük sekiz bitlik portu iki adet 8155'e bağlanarak sekizer bitlik giriş/çıkış, ayrıca ADC bağlantısıyla da sekiz kanaldan analog bilgilerin alınması sağlanmıştır(Bkz. Ek.2). B portunun yüksek sekiz bitlik portu ise kontrol sinyalleri için kullanılmıştır. B portunun B15. pini \overline{RD} , B11.pini \overline{WR} ve B10.pini ALE için kullanılmıştır. D portu 8 bitlik giriş olarak, I portunun I1-I3 pinleri interrupt girişleri olarak, P portunun P0-P3 pinleri ise PWM (Pulse Width Modulated) çıkışları olarak kullanılmıştır. Sistemde seri bilgi alışverişi için MC1488 ve MC1489 entegreleri bulunmaktadır. Mikrokontrolcü kartı, 16 bitlik moda kullanılmıştır. Bu mod 16 bit genişletilmiş mod yapısındadır(HPC Users' Manuel, 1987).

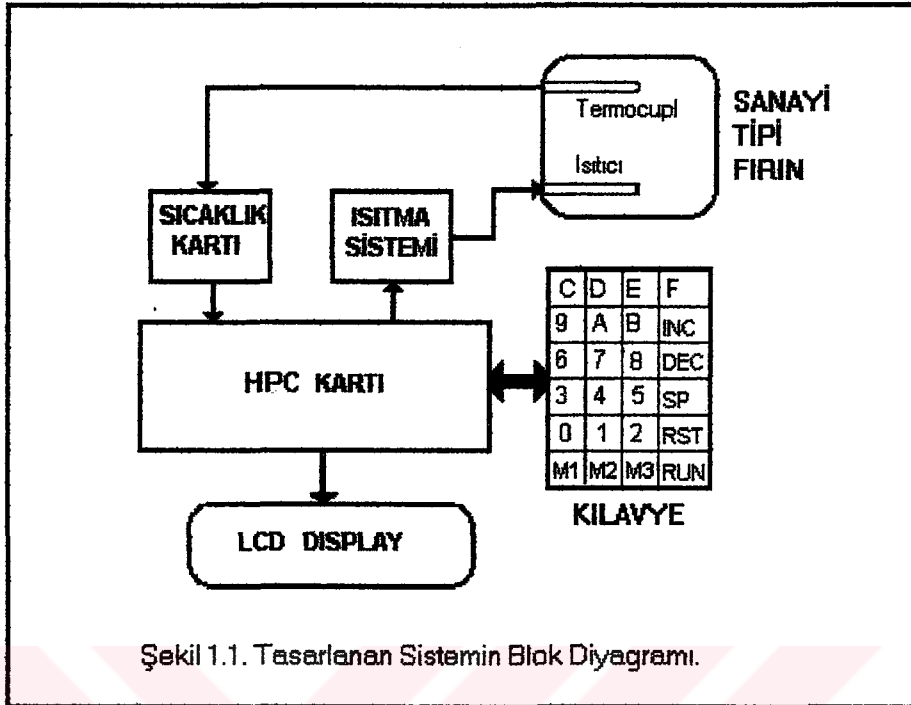
Yukarıda kısmen izahı yapılan 16 bitlik sistem, daha önce tasarlanan 8 bitlik yapıya olan üstünlüğünü göstermek için dizayn edilmiştir(Ünal, 1993). Esnek bir yapıya sahip olarak tasarlanan kartın baskı devre çizimleri yapılarak HPC kartı oluşturulmuştur(Bkz. Ek.2,3). Bu sistem yazılım destekli olarak çalıştığından yapılması istenen uygulamanın yazılımı hazırlanarak birçok alanda etkili bir şekilde kullanılabilir(Bkz. Ek.1).

Ayrıca yaptırılmak istenen fonksiyonlar assembler program dilindeki gibi uzun olmamaktadır(Bkz. Ek.4). HPC kartının çalıştırılması için bir sistem programı hazırlanmıştır(Bkz. Ek.1). HPC kartına yaptırılmak istenen fonksiyonlar için ayrı ayrı programlar hazırlamak gerekmektedir. Bu çerçevede yüksek ısıli sanayi tipi fırınların sıcaklığını ölçmek için bir program hazırlanmıştır (Bkz. Ek.1). Bu programlar geliştirilerek bir işletmenin çalışması da gerçekleştirilebilir.

1.2. Tasarlanan 16 Bitlik HPC Kartının Uygulaması

16 bitlik HPC kartının çalışmasını göstermek amacıyla yüksek ısıli sanayi tipi fırınların sıcaklık ölçüm uygulaması yapılmıştır (Bkz. Şekil 1.1.).

Şekil 1.1.'de blok diyagram olarak gösterilen sistem, endüstride kullanılabilir bir şekilde tasarlanmıştır. Genelde tüm işletmelerde fırın bulunmaktadır. Tasarlanan 16 Bitlik HPC kartı, esnek yazılım desteği sayesinde her türlü uygulamayı başarıyla gerçekleştirebilmektedir. Fırın içerisine yerleştirilen termokupl, ısı değerlerini elektrik sinyallerine çevirmektedir. Daha hassas ısı ölçümlerinin yapılabilmesi için fırın içerisine değişik noktalara termokupllar seri olarak bağlanmalıdır(Korürek, 1988). Sıcaklık kartı, düşük seviyede olan elektrik sinyallerini HPC kartı üzerinde bulunan ADC'nin değerlendirebileceği seviyelere çıkarılmasını sağlar(Bkz. Şekil 2.6.). HPC kartına yazılımla yüklenen program sayesinde termokupldan gelen değerlerin arzu edilen ısı değerlerinde olup olmadığı karşılaştırılır ve fırın ısıtma sistemi çalıştırılıp durdurulmakla fırın sıcaklığı kolaylıkla kontrol edilebilmektedir.



2. HPC (HIGH PERFORMANCE CONTROLLER)

2.1. Genel Tanıtım

HPC elemanı, tek yonga üzerinde yerleştirilen eksiksiz bir mikrokontrolcüdür. Yüksek performanslı uygulamalarda etkili bir çözüm üretebilmek için tüm sistem zamanları, dahili lojik, ROM, RAM ve I/O'lar chip üzerine yerleştirilmiştir. Chip üzerinde gerçekleştirilen fonksiyonlar şunlardır; UART, dört giriş tutucu registerlı 8 adet 16-bitlik zamanlayıcı, yönlendirilmiş kesmeler, WATCHDOG lojik ve MICROWIRE/PLUS olarak sıralanabilir. Bu sayede kaliteli bir sistem entegrasyonu sağlanabilmektedir. Harici hafızanın 64 Kbyte'a kadar adresleme yeteneği, HPC'nin önemli uygulamalarda kullanımına imkan tanımaktadır(Uffenbeck, 1985).

HPC16083 ve HPC16003, yüksek performanslı mikrokontrolcü (HPC) ailesinin üyeleridir. HPC ailesinin her bir üyesi, özel uygulamalara uydurmak için bir hafıza ve I/O konfigürasyonu ile benzer yapıdaki CPU'ya sahiptir. HPC16083, chip üzerinde bulunan 8 Kbyte'lık ROM'a sahiptir. Fakat HPC16003, chip üzerinde ROM'a sahip olmamakla beraber harici hafıza ile doğrudan kullanılmak üzere tasarlanmıştır. HPC mikrokontrolcüsü MICROCMOS teknolojisi kullanılarak üretilmiştir. Bu avantajlı yapı sayesinde hızlı, esnek I/O kontrolü, etkili veri işleme ve yüksek hız hesaplamalarına elverişlidir.

MICROCMOS metodu, kullanıcıya sistem için optimum hız/güç oranı seçme imkanı tanımaktadır. IDLE ve HALT modları kullanılarak yüksek akımlara karşı koruma sağlanmaktadır. HPC, 68 bacaklı PLCC, LDCC, PGA ve 80 bacaklı PQFP kılıflarına uygundur(HPC User's Manual, 1987).

HPC ailesi tasarım özellikleri şunlardır:

- MICROWIRE/PLUS seri I/O arabirimi,
- 16-bit data bus, ALU ve registerlar,
- "real-word" girişleri için A/D çeviriciler,
- 8 adet yönlendirilmiş kesme kaynağı,
- 64 Kbyte doğrudan harici hafıza adresleme,
- Hızlı; 20 Mhz'de 200 ns
30 Mhz'de 134 ns
- 16-bit yapı; byte ve word,

- 16/16 çarpma ve 32/16 bölme,
- 4 adet senkron çıkış ve WATCHDOG lojik ile 4 tane 16-bit timer/counter,
- CMOS teknoloji; IDLE ve HALT güç koruma modlarında düşük enerji tüketimi,
- UART; çift yönlü, programlanabilir Baud hızı,
- Darbe-Genişlik modüleli çıkışlar ile 4 tane ilave 16-bit timer/counter,
- 4 adet giriş tutucu register,
- 52 adet genel amaçlı I/O hatları,
- Chip üzerinde bulunan 8 Kbyte ROM ve 256 byte RAM,
- "Hızlı çarpma" veya "çarp-akümüle et" özellikleri için "çarp-akümüle et" birimi,
- 64 Kbyte'a kadar direkt olarak adreslenebilen hafıza,
- 68 pin kılıf yapısında maksimum 52 adet I/O portu,
- Programlanabilir kontrol özelliği ile chip seçimi için çıkış,

2.1.1. Düşük Güç İşlemleri

HPC, hafıza bölgesini kullandığı ölçüde güç harcar. HPC, 20 Mhz'de sadece 47 mA akım çekmektedir. Bu akım değeri, daha düşük hızlarda daha da azalmaktadır. HPC, yazılımla seçilebilen iki düşük güç moduna sahiptir:

1.IDLE; osilatör ve zamanlayıcı haricinde tüm işlemleri durdurur. Böylece, statik durumda bütüm RAM, registerlar ve I/O'lar korunmuş olur.

2.HALT: osilatör ve zamanlayıcıların kapsadığı tüm işlemleri durdurur. Fakat RAM, register ve I/O'ları sabit tutar.

2.1.2. Komut Kümesi

HPC komut kümesi, yüksek performanslı 16-bitlik bir mikroişlemci olarak dokuz adresleme modunu desteklemektedir. Komut kümesindeki herbir komut, tek fonksiyonların bir kümesini işlemek için tasarlanmıştır. Böylece, aynı işlemler daha az kodlarla icra edilebilmektedir. HPC elemanları, esnek komut seti ile maksimum performansta çalışabilmektedir. Tipik bir mikroişlemcinin aksine, HPC komut kümesi, maksimum kod verimi için oluşturulmuştur. Çünkü, ROM bölgesi, chip üzerinde sınırlandırılmıştır. HPC çevrimi 40 Mhz'de

sadece 50 ns dir. Bununla birlikte, HPC 16 bit modda çalışırken çarpma veya bölme işlemi 4 mikrosaniyeden az sürmektedir(Embedded Controllers Databook, 1992). HPC kontrolcüsünün yerine getirdiği fonksiyonları diğer mevcut 16-bit mikroişlemcilerle yerine getirmek için iki kat fazla hafıza bölgesine ihtiyaç duyulmaktadır(Ek-3).

2.1.3. HPC Uygulamaları

HPC uygulamaları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Fabrika otomasyonu,
- Sinyal işleme/kontrol,
- SCSI kontrol.
- Otomatik sistemleri,
- Hard disk sürücüler,
- Güvenlik sistemleri,
- Askeri alanlarda,
- Karışık kontrollerde,
- Tıp alanında,
- Veri işleme,
- Endüstriyel kontrol,
- Şerit ve disk sürücüler,
- Laser printerlar,
- Telekominükasyon,

2.2. HPC'nin Özellikleri ve Mimari Yapısı

2.2.1. 8/16 Bit Data Kullanımı

2.2.1.1. Şartlı Komutlar ve Atlamalar

HPC'de çeşitli atlama (skipping) teknikleri yer almaktadır. Bunlar şartlı komutlarla gerçekleştirilip kontrollerde kullanılırlar. Aşağıda block - move - loop (Bir adresten başlayan diziyi başka bir adrese taşıma) türünde bir örnek bulunmaktadır:

```
LOOP . LD A, [X+].B ; A'ya X'i yükle ve X'i bir arttır.
```

```
XS A, [B+].B ; B ile A'yı yer değiştir. B'yi bir arttır.
```


Eğer B>K ise aşağıdaki komutu atla.

JP LOOP ; LOOP'a geri dön.

Şartlı komutlar şunlardır;

DECSZ	: Sonuç 0 ise bu komut, değeri 1 azaltır ve bir sonraki komuta atlar.
IFGT (If greater)	: İlk operand ikinciden büyük ise aşağıdaki komut yerine getirilir. Değilse atlanır.
IFEQ (If equivalent)	: Eğer operandlar eşitse aşağıdaki komut uygulanır. Değilse atlanır.
IFBIT	: Eğer seçiler bit 1 ise bu komut aşağıdaki komutu yerine getirir. Değilse atlanır.
IFC (If carry)	: Eğer PSW registerındaki C biti 1 ise bu komut aşağıdaki komutu yerine getirir. Değilse atlanır.
IFNC (If no carry)	: PSW'deki C biti sıfır ise bu komut aşağıdaki komutu yerine getirir. Değilse atlanır.
LDS, XS	: Bu komutlar otomatik olarak INC/DEC adres modlarında ([B+] ve [B-]) kullanılır. Eğer B registerı artırılmışsa ve K'dan büyükse yada B registerı azaltılırsa ve K'dan küçükse takip eden komut atlanır.
RETSK	: Bu komut bir alt program dönüşünde kullanılır.

2.2.1.2. Adresleme

HPC'de hafıza, herbiri 8 bitten oluşan byte ile adreslenmiştir. Bir kelime (word) 16 bitten oluşmaktadır (2 byte). Kelimenin LSB kısmı daima çift adrestedir. MSB ise tek adrestedir.

16 bitlik işlemler, 0000-01FF (Chip üstündeki RAM ve register adresleri) ve E000-FFFF (chip üstündeki ROM) bölgesinin dışında olabilir. 16 bitlik registerlar word yada byte olarak kullanılabilir.

HPC, diğer mikroişlemcilerde bulunmayan bir özelliğe sahiptir. HPC, farklı boyutlardaki değerlerin hesaplamalarını yapabilir. Mesela bir byte ile kelimeyi toplayabilir. HPC bu işlemi yaparken 8 bitlik

değere sıfırlar ekleyerek, bu değeri 16 bite tamamlar. Yani 16 bitin high kısmı sıfırlanmış olur. Böylece işlemlerin uzunluğuna bakılmaksızın işlem yapılabilir.

Zero - extension (Kelimeyi tamamlamak için sıfıra uzatma) yapısı HPC için seçilmiştir. Bu işaretli değerlerde kullanılır. Negatif sayılarda kullanılmaz. 0-255 (Decimal) bölgesindeki 1 byte'lık değerler, pozitif sayı olarak hesaba katılır. Mesela 255-FF Hex, 255-00FF Hex olarak işlenir.

Eğer bir byte'lık değer, ikinin komplementi bir sayı olarak incelendiğinde (-127'den 128'e kadar olan bölge) dönüşümde başka bir yapı kullanılır. İşaret biti (7. bit) set olmuş ise, çevrilen değer yarısında (high kısmı) sıfırların yerine 1 yazılır.

Mesela;

```
LD    TEMPWD, BVAL    ; Otomatik zero - extension ile bir
                        ; byte değerinden keyfi bir kelime yükle.
IFBIT 7, TEMPWD . B   ; Değer negatif mi kontrol et
                        ; (işaret biti=1 )
DECSZ TEMPWH         ; Öyleyse üst byte'ı bir azalt.
```

Burada,

```
BVAL    - Çevrilen işaretli değer (ikinin komplementi)
TEMPWD  - Keyfi seçilen bir kelime (RAM'dan)
TEMPWH  - Kelimenin high - order byte'ı
```

2.2.2. Elde (carry) Kullanımı

C biti (PSW'nin 5. biti), ADC, SUBC, DADC ve DSUBC komutlarının kullanımı esnasında ALU'ya doğrudan elde girişi için kullanılır. ADD ve ADDS komutlarında bu bit kullanılmaz.

C biti binary olup toplama ve çıkarma işlemleri arasındaki farkın fonksiyonudur. Eğer C biti sıfırsa, iki işlemin sonucu tam 1 ise sonuçta taşma vardır. Çıkarma işleminde ise borrow (ödünç alma) olarak nitelendirilir(Embedded Controllers Databook, 1992).

2.2.3. Von Neumann Yapısı ve Hafıza Haritalama (Memory - Mapped)

HPC ailesinde instruction(komut) ve data(veri) hafızası aynı adreste yer almaktadır. Chip'deki ROM'u kapsayan bir program, program

alanındaki verilere ulaşır ve RAM'daki adreslerine giderek oradan verileri getirir. Buna Von Neumann yapısı denir. Ayrıca bütün registerlar (I/O kontrol, data registerları) hafıza adresleme ile byte ya da word olarak kullanılır. Bu da memory-mapped(hafıza haritalama) yapısıdır. Bu iki yapının kombinasyonu çok kullanışlı ve güçlü bir komut seti oluşturur.

2.3. Bus Fonksiyonları ve Konfigürasyonu

2.3.1. Bus İşlemleri

HPC'de dört tane bus durumu bulunmaktadır:

TA (Adres)	: Bir adresten gönderilme süresi.
TD (Data)	: Veri transfer etme süresi.
TW (Wait)	: Transferlerin tamamlanması için bekleme süresi.
TI (Idle)	: Transferler arasında verilen boşluk.

Bus CK2'nin her yükselen kenarında bir durum değiştirir. Her komut için bu süreler değişmektedir. Örnek olarak,

SUBC için	: TA, TD (read), TI, TD (read)
IFGT için	: TA, TD (read), TI, TD (read)
MULT için	: TA, TD (read), TD (read), birkaç tane TI, TD (write)

2.3.2. Bus Modları ve Seçimi

A portunun 16 pini, B portunun 4 pini chip dışındaki hafıza ve/veya çevre birimleri için bus olarak kullanılır. Bu konfigürasyonda A portunun 16 biti adres/data bus, B portunun 4 biti (B10, B11, B12 ve B15) ALE, WR, HBE ve RD kontrol sinyalleri olarak kullanılır.

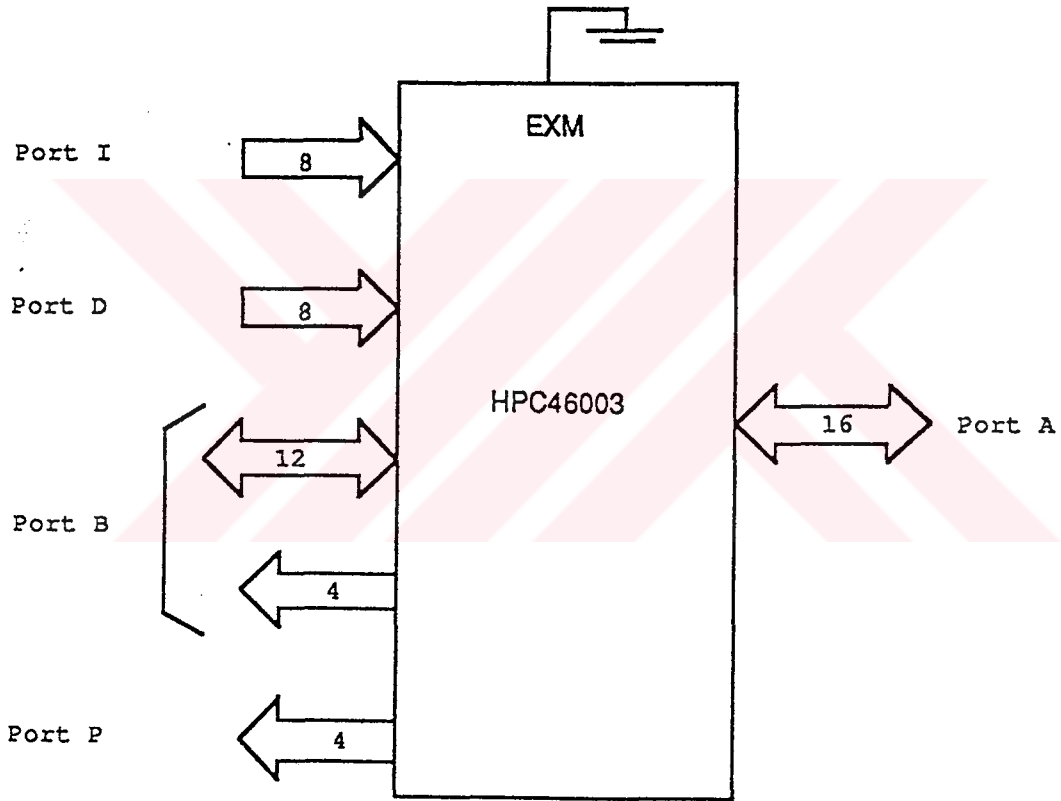
HPC konfigürasyonunda üç mod vardır:

1. Single - chip X Genişletilmiş mod
2. Normal X ROM'suz mod
3. 8 bit X 16 bit mod

2.3.2.1. Single - chip X Genişletilmiş mod

HPC 64 Kbyte'lık adres alanına sahiptir. İlk 512 byte'ı (0000-01FF) chip üzerindeki adres alanıdır. Bunun 256 byte'ı RAM, diğerleri

registerlar ve giriş/çıkış portlarıdır. Son 8 Kbyte'ı (E000-FFFF) chip üzerindeki ROM'dur. Single-chip modu 8 Kbyte'lık alanla sınırlanmıştır. Bu mod Şekil 2.1'de gösterilmiştir. 8 Kbyte'lık alanın dışına çıkıldığı zaman watchdog lojik aktif hale geçer. Single-chip modu, EA bitinin (PSW'nin 4. biti) silinmesiyle seçilir. HPC resetten kurtulduğu zaman EA biti 0 olacaktır. Single-chip modunda, HPC'de chip üzerindeki ROM bölgesi ve RAM ile register bölgeleri aktif durumda olacaktır. Genişletilmiş mod, PSW'nin EA bitini "1" yaparak seçilir. Bu mod, 64 Kbyte'lık adres alanının herhangi bir bölgesinde hafıza işlemlerini yapabilir. Watchdog lojiğin "aykırı adresleri kontrol



Şekil 2.1. Sistem konfigürasyonu: Single-chip modu.

etme" özelliği bu modda geçersizdir. Kullanılan programda PSW'deki EA biti "1" yapılırsa HPC bu moda geçer. Eğer bu yapılmazsa watchdog lojik aktif olur ve bus'lar uygun fonksiyonlarını yerine getiremez.

2.3.2.2. Normal X ROM'suz Mod

Bu modda HPC E000-FFFF (Normal Mod) adreslerindeki 8 Kbyte'lık ROM'u (Chip üzerindeki) kullanacak yada chip dışındaki bus

transferlerini kullanarak bu adreslerde çalışacaktır. Dışarıdan bir hafıza chip üzerindeki ROM'un yerine kullanılabilir. Bu modda A ve B portunun 4 kontrol biti kullanılmaktadır. Bu 4 bit giriş yada çıkış olarak kullanılamaz. Port A, DIRA ve UPIC ROM'suz modda chip dışında yer alır. 0160-0175 (Provision for Custom logic) adresleri chip üzerindeki fonksiyonlar için ayrılmıştır. ROM'suz modda bu adresler orijinal kalmaktadır. Diğer modlarda bu adresler chip üzerinde herhangi bir donanıma bağlanmaz.

Çizelge 2.1'de gösterildiği gibi giriş pini olan EXM pini high olduğunda HPC, ROM'suz modda low olduğunda ise normal modda çalışır.

Çizelge 2.1. Sistem konfigürasyonu.

External Memory EXM Pini	External Acces PSW'nin 4. Biti	İşlem
0	0	Single - chip Normal
0	1	Genişletilmiş Normal
1	0	Single - chip ROM'suz

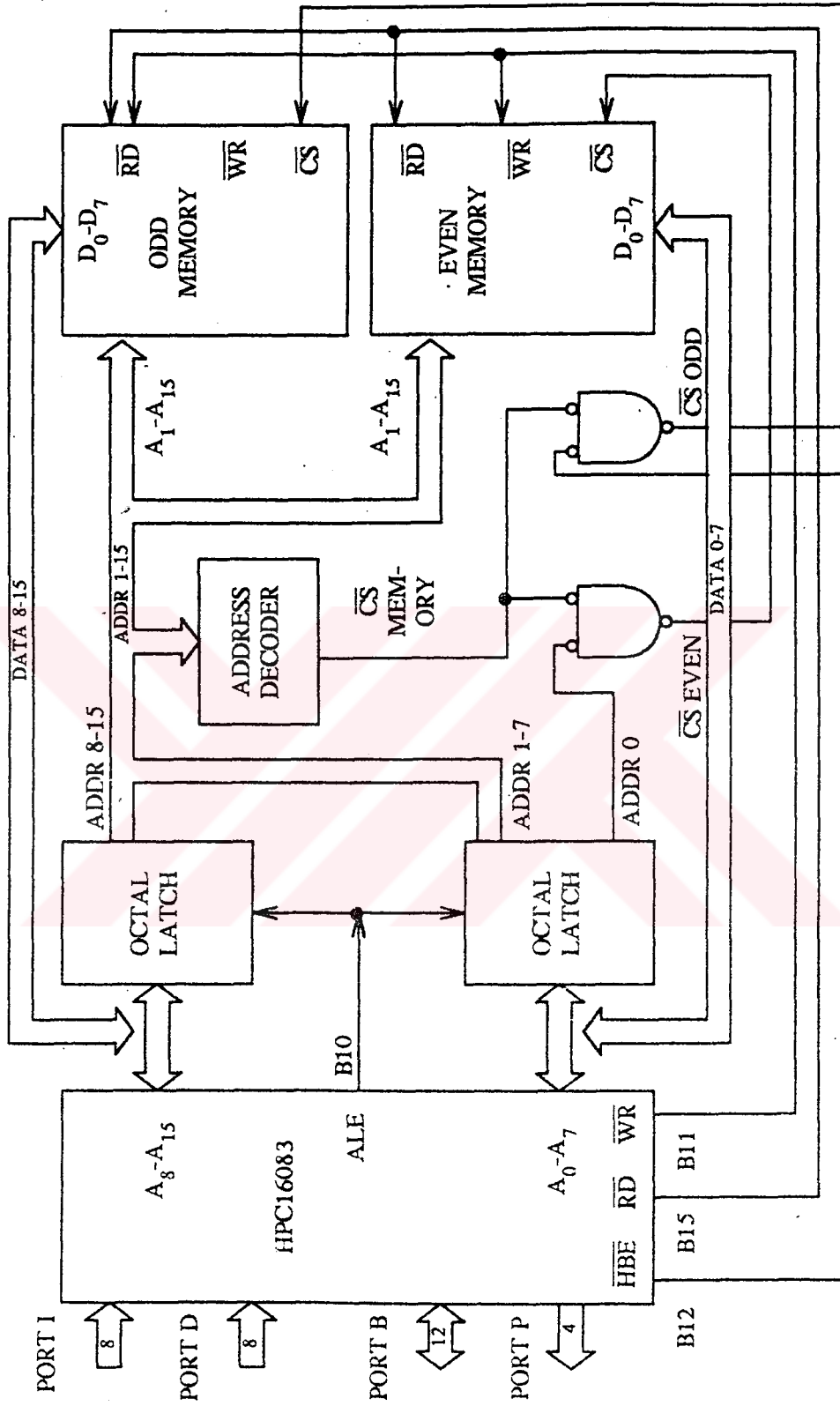
2.3.2.3. 8 bit x 16 bit Mod

A portunun bus olarak kullanıldığı bütün modlarda yapılacak seçim veri büyüklüğüne bağlı olarak yapılmalıdır. 16 bit modda A portunun 16 biti adresler için veri transferinde kullanılır. İki oktal latch dışarıdan HPC'ye bağlanarak bütün adresleri tutmak için kullanılır. HPC'den gelen ALE sinyali latchleri aktif hale geçirmektedir. Bu konfigürasyon Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Microcontrollers Databook, 1988). HPC 8 bit modda kullanılırken sadece A0-A7 pinleri veri transferi için kullanılmaktadır. A8-A15 pinleri adreslerin MSB kısmını tutmakta kullanılmaktadır. Kullanılan tek latch, adres ve datayı ayırmada kullanılır. Bu konfigürasyon Şekil 2.3'de gösterilmiştir.

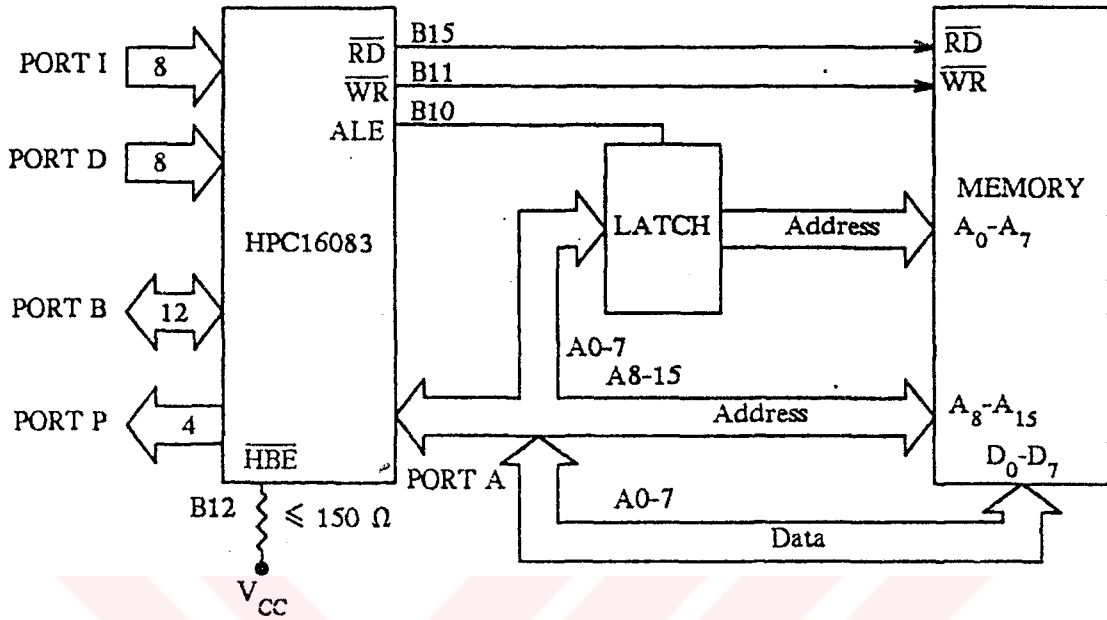
Bus büyüklüğü B12 (HBE) pininin durumuyla ilgilidir. Eğer bu pin HIGH'da ise 16 bit modunda çalışır. Bu pine bağlantı yapılmazsa HPC yine 16 bitte çalışacaktır.

2.3.3. Bekleme Durumu

Yavaş çevre birimleri ve hafızalar için HPC'de bekleme durumu (Wait State) düşünülmüştür. Bekleme durumu CK2 clock periyodunun bir



Şekil 2.2. Sistem konfigürasyonu: 16 bit mod.



Şekil 2.3. Sistem konfigürasyonu: 8 bit mod.

biriminde \overline{RD} yada \overline{WR} sinyallerini uzatır. Bekleme durumu için iki metod vardır:

- 1 - PSW registerındaki WAIT1 - WAIT0'ı uygun şekilde kurmak,
- 2 - RDY/HLD pinini low yapmak.

Bekleme durumlarının sayısı PSW'deki 2. ve 3. bitlerle belirlenir. READY özelliği de kullanılarak dışarıdan bir donanım ile bekleme durumu uzatılabilir. Çizelge 2.2'de, PSW'deki 2. ve 3. bitlerin durumuna göre bekleme durumları verilmiştir.

Çizelge 2.2. PSW'deki bitlere göre bekleme durumu.

WAIT1 biti	WAIT0 biti	Bekleme Durumu
0	0	4
0	1	2
1	0	1
1	1	0

Chip restlenince bu bitler silinir. Bekleme durumlarının sayısı, READY sinyali ile uzatılabilir. Bu da HPC'nin RDY/HLD pini ile sağlanır. Bu pinin başka bir fonksiyonu daha vardır. Bu da HOLD

fonksiyonudur. HPC, bu nedenle ilk önce RDY için ayarlanmaktadır. Bu da IRCD (Interrupt Condition Register)'daki RDY/HLD kontrol biti set edilerek sağlanır. READY girişi high olduğu zaman dışarıdaki çevre birimleri yada hafıza, transferi tamamlamaya hazırdır.

ROM'suz mod işlemlerinde RAM ile registerlara yada bunlardan dışarıdaki elemanlara yapılan transferler bus'ta görünmektedir. Bu durumda PSW'nin WAITn biti göz önüne alınmaz ve transfer edilen bilgilerin bekleme durumu olmaz(HPC User's Manual, 1987).

2.4. HPC Blok Diyagramı

MOS transistörlerle tasarlanan devrelerde olduğu gibi Şekil 2.4'da gösterilen HPC'nin de lojik yapısı, elektrostatik deşarjlardan korunmuştur. Diyot korumaları HPC elemanının bütün pin bağlantılarında mevcuttur(HPC User's Manual, 1987).

2.4.1. Clock Pinleri

CKI ve CKO pinleri genelde harici bir kristal üzerinden bağlanır.

CKI	- Chip sistemi clock girişi
CKO	- Chip sistemi clock çıkışı (CKI'nin tersi)
CK	- Clock çıkışı (CKI, 2'ye bölünerek elde edilir)

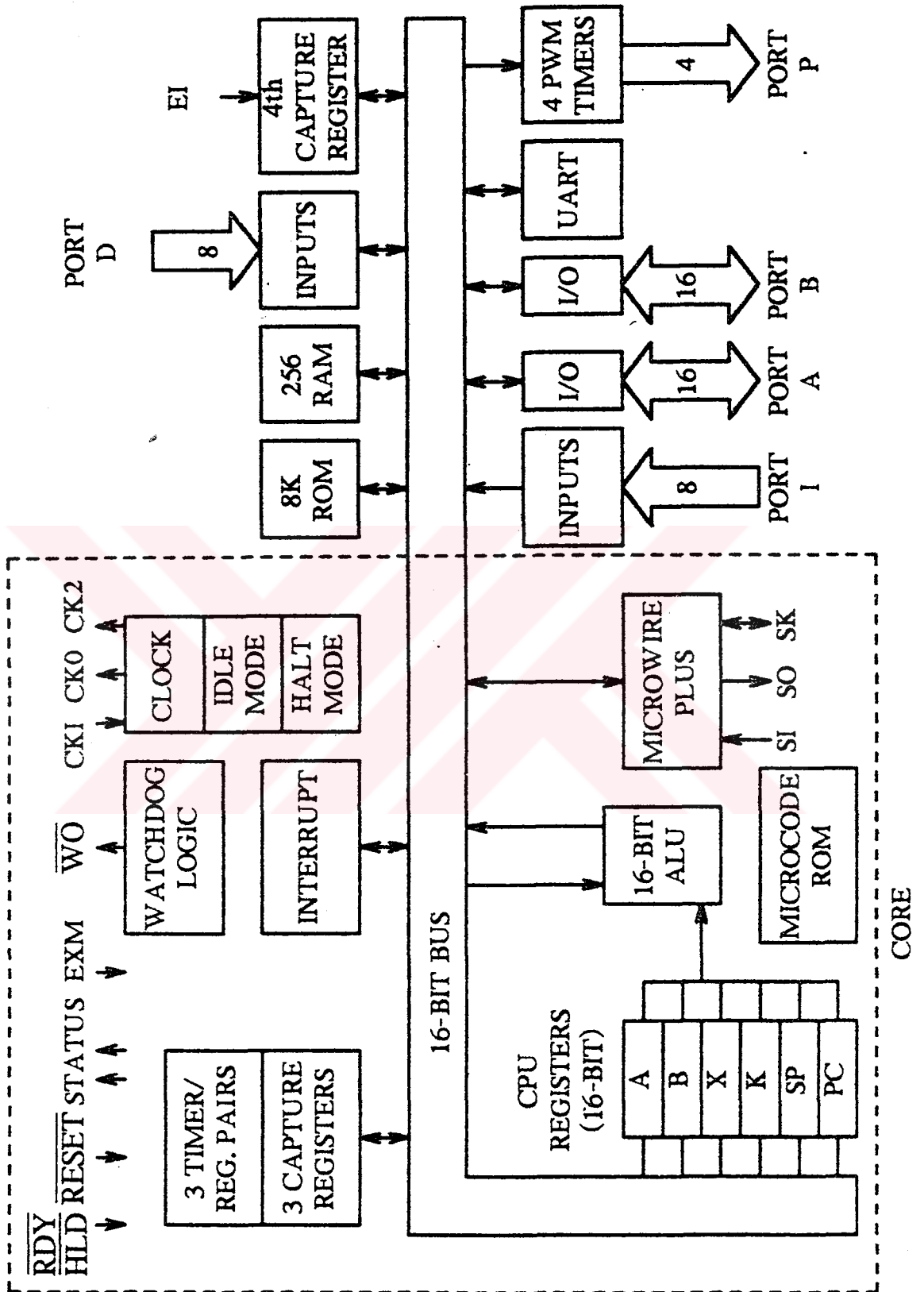
2.4.2. Güç Kaynağı Pinleri

V _{CC1} ve V _{CC2}	- Pozitif güç kaynakları
GND	- Chip içi lojik için toprak
DGND	- Çıkış bufferları için toprak

NOT: Chip üzerinde, elektriki olarak bağlanmış iki adet V_{CC} pini mevcuttur. GND ve DGND pinleri elektriki olarak birbirinden izolelidir. Her iki V_{CC} ve toprak pinleri kullanılmalıdır.

2.4.3. Diğer Pinler

—
WO -Bu, aktif bir düşük seviyede açılan drain



Şekil 2.4.HPC16083 blok diyagramı.

	çıkışıdır. Düzensiz yapıdaki sinyaller, Watchdog lojik tarafından burada tanımlanır.
ST1	- Bus çevrimi statü çıkışı: İlk opkodun alıp getirilmesini gösterir.
ST2	- Bus çevrimi statü çıkışı: Atlama, kesme ve ilk komut çevrimi gibi makina durumlarını gösterir.
RESET	- Aktif bir alçak seviyeli giriştir. Chip'i tekrar başlatmak ve portların TRI-STATE modunu kurmak için kullanılır.
RDY/HLD	- Yazılım ile seçildiğinde iki çeşit kullanıma sahiptir. Daha yavaş hafızalar için bus cycle'i genişletmek için READY girişi kullanılır. HOLD ise, DMA maksatlı yüksek empedans durumlarında bus'a yerleştirmek için giriş istek pinidir.
NC	- Bu pine bağlantı yapılmaz.
EXM	- Harici hafıza enable, dahili ROM disable yapılır ve ROM'u harici hafızaya haritalar.
EI	-FFF1 : FFF0 vektör adresleri ile harici kesme (yükselme/düşme veya yüksek/alçak seviye duyarlılığı).
EXUI	- Harici kesme (FFF3 : FFF2 vektör adresli UART kesmesi ile dahili OR'lanmıştır).

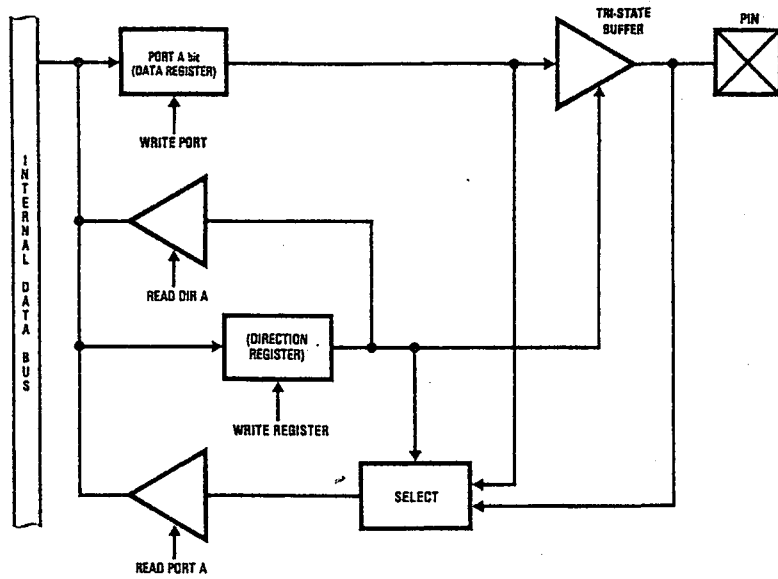
2.4.4. A ve B Portları

Çok esnek bir yapıya sahip olan A ve B portları benzer yapıdadır. Şekil 2.5'de görüldüğü gibi A portu bir veri ve bir yön registerını içermektedir. B portu ise Şekil 2.6., 2.7., 2.8'da görüleceği gibi veri ve yön registerlarına ilave olarak bir tane fonksiyon registerına sahiptir. Tüm kontrol registerları OKU/YAZ (READ/WRITE) registerıdır (HPC User's Manual, 1987).

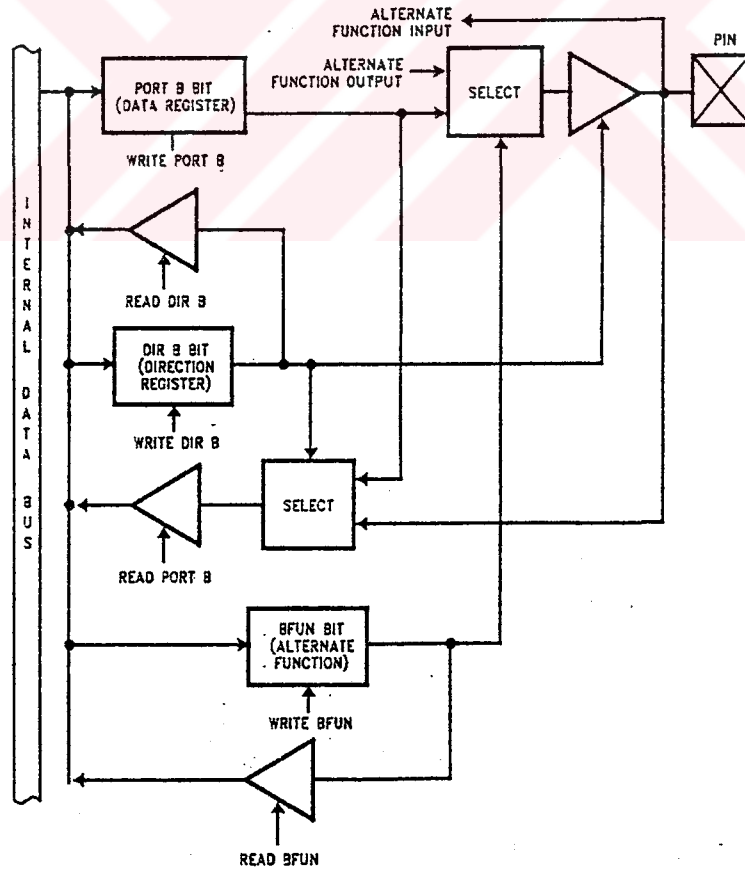
2.4.5. Giriş/Çıkış Portları

HPC16083, 68 bacaklı PLCC, LDCC, PGA ve 80 bacaklı PQFP kılıf uyumludur (Bkz. Şekil 2.9.).

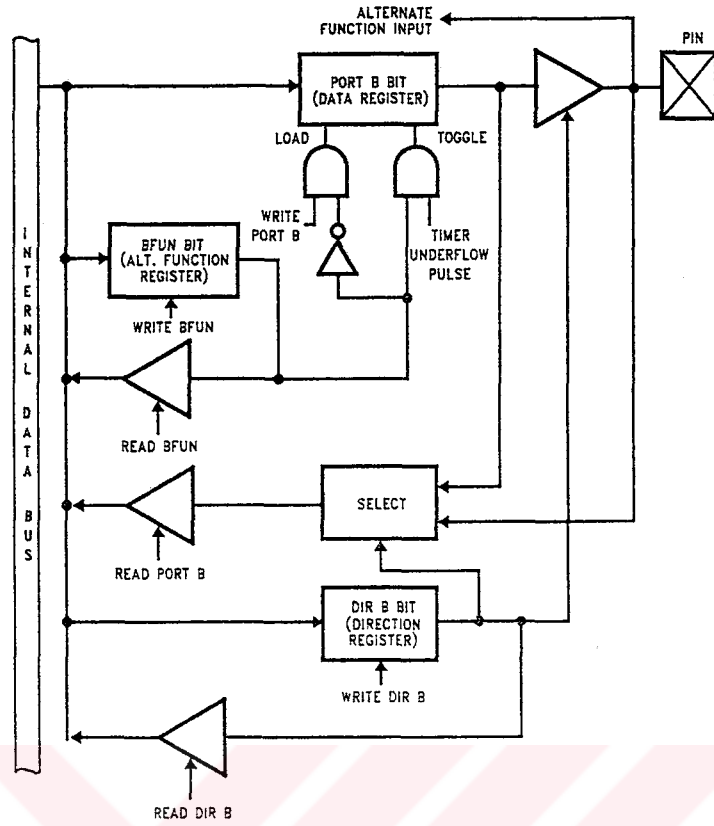
A Portu (A0-A15): DIRA (Data Direction Register) ile birlikte iki yönlü I/O portudur. Her bir pini giriş yada çıkış olarak kullanılabilir. UPI (Universal Peripheral Interface) durumunda A portu



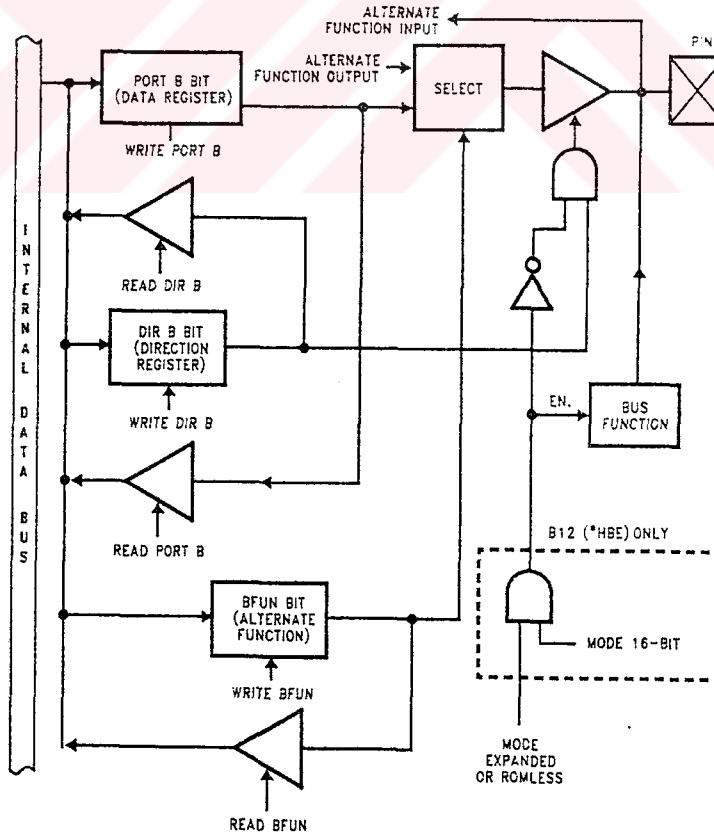
Şekil 2.5. Port A: I/O yapısı.



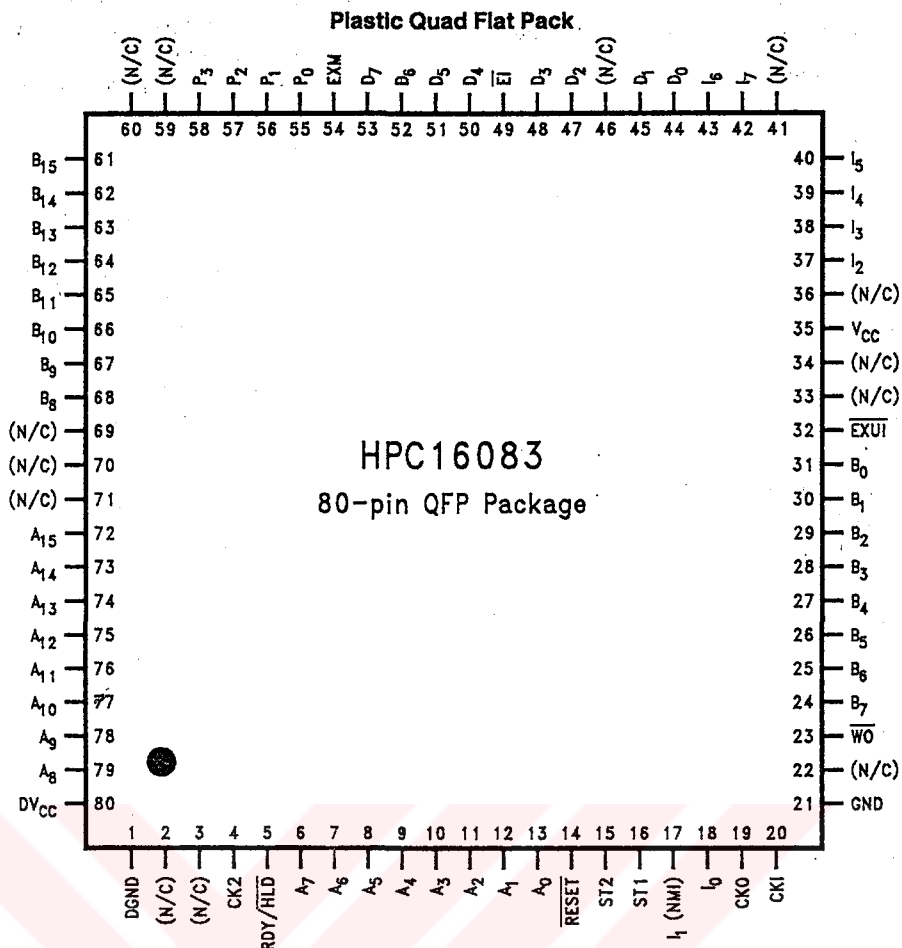
Şekil 2.6. Port B'nin B0, B1, B5, B6 ve B7 pin yapıları.



Şekil 2.7. Port B'nin B3, B4, B8, B9, B13 ve B14 pin yapıları.



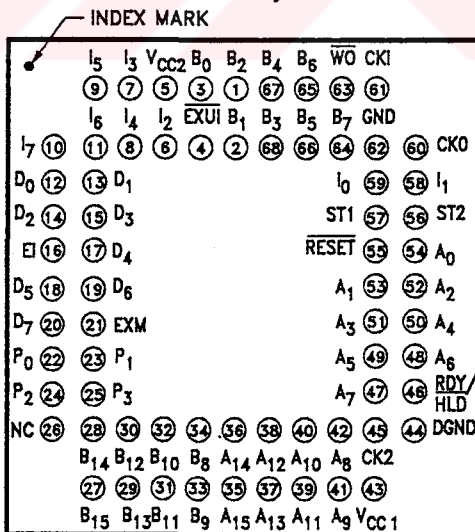
Şekil 2.8. Port B'nin B10, B11, B12 ve B15 pin yapıları.



Top View

Order Number HPC46083XXX/F20, HPC46083XXX/F30, HPC46003VF20 or HPC46003VF30
See NS Package Number VF80B

Pin Grid Array Pinout



TL/DD/8801-12

Top View

(looking down on component side of PC Board)

Order Number HPC16083XXX/U20, HPC16083XXX/U30, HPC16003U20 or HPC16003U30
See NS Package Number U68A

Şekil 2.9. HPC16083 için bacak bağlantı diyagramları.

ana işlemci vasıtasıyla veri transferi için kullanılır. HPC'ye dışarıdan bir hafıza bağlandığında A portu adres/data bus olarak kullanılır.

B Portu (B0-B15): A portuna benzer yapıdadır. 16 bit I/O portundan oluşur. B portunda bir de fonksiyon registerı bulunmaktadır (BFUN-Function register). Bu register DIRB (Data Direction Register) ile beraber kullanılır. BFUN registerının fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

B0	: TDX	- UART Data Output
B1	:	- Kullanılmıyor
B2	: CKX	- UART Clock (Input veya Output)
B3	: T2IO	- Timer2 I/O pini
B4	: T3IO	- Timer3 I/O pini
B5	: SO	- MICROWIRE / PLUS çıkışı
B6	: SK	- MIKROWIRE / PLUS clock (Giriş yada çıkış)
B7	: HLDA	- Hold Acknowledge çıkışı
B8	: TS0	- Timer senkron çıkışı
B9	: TS1	- Timer senkron çıkışı
B10	: <u>UA0</u>	- UPI modu için adres "0" girişi
B11	: <u>WRRDY</u>	- UPI modu için write ready çıkışı
		B12 : - Kullanılmıyor
B13	: TS2	- Timer senkron çıkışı
B14	: <u>TS3</u>	- Timer senkron çıkışı
B15	: <u>RDRDY</u>	- UPI modu için read ready çıkışı

HPC dışarıdan bir hafızaya bağlandığı zaman B portunun 4 biti bus kontrolü için kullanılır. Bu, yukarıdaki fonksiyonları iptal eder.

B10	: <u>ALE</u>	- Adres latch enable çıkışı
B11	: <u>WR</u>	- Write çıkışı
B12	: <u>HBE</u>	- High byte enable çıkışı
B15	: <u>RD</u>	- Read çıkışı

I Portu (I0-I7): 8 bitlik giriş portudur. Genel amaçlı girişleri okur. Aşağıdaki fonksiyonlar için de kullanılmaktadır.

I0	:	- Kullanılmıyor
I1	: NMI	- Nonmaskable Interrupt girişi

I2	: INT2	- Interrupt 2 / Input Capture 2 / UPI	URD
I3	: INT3	- Interrupt 3 / Input Capture 3 / UPI	UWR
I4	: INT4	- Interrupt 4 / Input Capture 4	
I5	: SI	- MICROWIRE data girişi	
I6	: RDX	- UART data girişi	
I7	:	- Kullanılmıyor	

D Portu (D0-D7): 8 bitlik giriş portudur. Genel amaçlı dijital girişler için kullanılır.

P Portu (P0-P3): 4 bitlik çıkış portudur. Genel amaçlı çıkışlar için kullanılır. Bu portun pinleri T4'ten T7'ye kadar olan zamanlayıcılar vasıtasıyla kontrol edilerek seçilir ve sabit frekans, değişken duty-cycle yada PWM (Pulse Width Modulated-Darbe Genişlik Modüleli) çıkışlar üretir(Bellini, 1985).

2.5. Hafıza Düzenlemesi ve Register Kümeleri

HPC'nin toplam adresi 64 Kbyte olup, bu alan program ve veriler için ROM ile yada ROM'suz olarak kullanılabilir. Chip üzerinde 8Kbyte ROM ve 256 byte RAM vardır. ROM ve RAM aynı adres bölgesindedir. Program hafıza adresleri, PC vasıtasıyla yapılır. Veri hafızası ise byte yada word (kelime) şeklinde olabilir. Cihaz, hafıza haritası düzenlemesi yaparken registerları, giriş/çıkış hattını ve chip üzerindeki çevre birimleri fonksiyonlarını kullanır.

2.5.1. Register'lar

HPC, altı tane 16 bitlik registera sahiptir. Bunlar A, B, X, K, SP ve PC'dir. Bu registerlardan bölüm 2.6'da bahsedilecektir.

2.5.2. Processor Status Word (PSW)

**	CGIE	C	EA	$\overline{\text{WAIT1}}$	$\overline{\text{WAIT0}}$	$\overline{\text{HLT/IDL}}$	EHL
X	XR	X	0	0	0	0	0

00C0 adresinde

- 0 - Reset durumunda bu bit silinir.
- R - Sadece okunabilen bit.

- X - Reset durumunda belirsiz bit.
- ** : Tayin edilmemiş bit.
- CGIE : Bu bit, interrupt geldiği zaman ENIR registerının GIE bitinden yüklenir. Maskelenemeyen interruptların tutulması maksadıyla interruptların servis rutininden return'e tekrar dönüp dönemeyeceğini gösterir. Sadece okunabilen bir bittir.
- C : Bu bit carry durumunu gösterir (Toplama ve çıkarma işlemi sırasında). Kaydırma komutlarında C biti, akümülatör dışından kaydırılan biti alır. Bölmede ise C biti hata (error) flag gibi kullanılır.
- EA : Bu bit harici geçişlidir(Extarnal Access). Kullanılan adres bölgelerini tanımlar. Single-chip modu yada Expanded modu için HPC programlanabilir. Resetlenince sadece chip üzerindeki adres alanı kullanılır.
- WAIT1/WAIT0: Bu iki bit ekleme durumlarını belirler.
- | | | |
|----|---|------------------|
| 00 | - | 4 Bekleme durumu |
| 01 | - | 2 Bekleme durumu |
| 10 | - | 1 Bekleme durumu |
| 11 | - | Bekleme yok |
- HLT/IDL : Bu bit HALT yada IDLE POWER SAVE modlarından birini seçer, EHI biti ile birlikte çalışır. Set edilmesiyle HALT modu, restlenmesiyle IDLE modu çalışır.
- EHI : Bu bit HLT/IDL kontrol biti ile çalışır. Set edilmesiyle bu bit HPC'nin programlanmasıyla HLT yada IDL moda girer.

2.6. Programlama Modeli

HPC altı tane 16 bit register ve elde bitinden oluşmuştur. Bütün registerların hafıza haritası adresleri vardır.

Akümülatör (A registerı 00C8 adresinde) :

16 bitlik A registerı hemen hemen bütün komutların geldiği ve işlemlerin yapıldığı yerdir.

B Registerı (00CC adresinde) :

16 bitlik B registerı ilk registerdır. Dolaylı (indirect) adreslemede kullanılır. Komutlarla azaltılabilir yada artırılabilir. K registerı ile karşılaştırılır. Belli bir limite ulaştığında çevrimi bırakır ve programa kaldığı yerden devam eder.

X Registerı (00CE adresinde) :

16 bitlik X registerı da aynı B registerı gibi dolaylı (indirect) adreslemede kullanılır. Komutlarla azaltılabilir yada artırılabilir. B registerı ile bir çevrimde (loop) kullanılır.

K Registerı (00CA adresinde - Boundary Constant) :

16 bitlik K registerı, B registerında ard arda gelen datalar için (tekrarlanan çevrimler için) bir limite set edilir. B registerı, K registerında yer alan adresten ileriye gittiği zaman bir atlama olur; yani B registerı ile karşılaştırılır.

SP Registerı (00C4 adresinde - Stack Pointer) :

16 bitlik bu register, adreslerin yığıldığı yerdir. SP, her PUSH yada SUBROUTINE CALL için iki artar. Her POP yada RETURN için iki azalır. Interruptlar 16 bitlik dönüş adresleri ile gönderilir.

Program Sayacı (00C6 adresinde - Program Counter) :

16 bitlik PC registerı 64 Kbyte'lık bölge boyunca hafızadaki programları adresler. Sadece okunabilen bir registerdır.

Elde (carry) Biti (00C0 adresindeki PSW'nin 5. biti) :

Elde biti toplama yada çıkarma işlemi sonucundaki taşmayı yada eldeyi (barrow) gösterir. MULT ve DIV komutları elde bitini daima temizler. Elde biti, SC ile set, RC ile reset yapılabilir. Elde biti SHL, SHR, RLC ve RRC komutları ile kaydırılabilir.

2.7. WATCHDOG Lojik

Herhangi bir illegal aktivitenin meydana gelmesi durumunda WATCHDOG lojik, sinyalleri yönlendirir. WATCHDOG lojiğin tetiklediği kuralsız(illegal) durumlar, sınırsız döngüler ve kuralsız(illegal) adreslerdir. Herhangi bir illegal durum, WATCHDOG çıkış (WO) pinini düşük seviyeye çekmektedir. WO pini bir açık kanal (drain) çıkışıdır

ve RESET veya NMI girişlerine veya kullanıcıların harici lojiğine bağlanabilir.

2.8. Reset Durumu

Reset pinine lojik 0 uygulandığı zaman sistemin yeniden başlaması sağlanmaktadır. Reset anında HPC'de aşağıdaki başlangıç durumları gerçekleşmektedir:

a - Stack pointer başta sıfırlanır. Bir kez PUSH yapılırsa çalışır ve 0002 olur.

b - PSW registerındaki EHI, $\overline{\text{HLT/IDLE}}$, EA, $\overline{\text{WAIT0}}$ ve $\overline{\text{WAIT1}}$ bitleri resetlenir. Hangi modda çalışıyorsa bu bitlerin uygun şekilde set edilmesi gerekmektedir.

c - A ve B portlarının yön direction) registerları (giriş ve çıkışları programlayan) silinir. Birleşik port pinleri de belirsiz durumdadır.

d - BFUN registerının bütün bitler silinir.

e - UPIC registerının UPIEN ve $\overline{\text{WRRDY}}$ bitleri silinir. $\overline{\text{RDRDY}}$ biti 1 olur.

f - ENIR registerının GIE biti resetlenir. Maskelenebilir interruptlar disable olur.

g - IRCD registerındaki $\overline{\text{RDY/HLD}}$ biti silinir. Böylece HOLD fonksiyonu seçilmiş olur. UWMODE biti de silinir ve MICROWIRE için slave modu seçilmiş olur. Bu modlar istenmiyorsa uygun şekilde programlanmaları gerekir.

h - 00DC adresindeki HALT ENABLE registerı silinir.

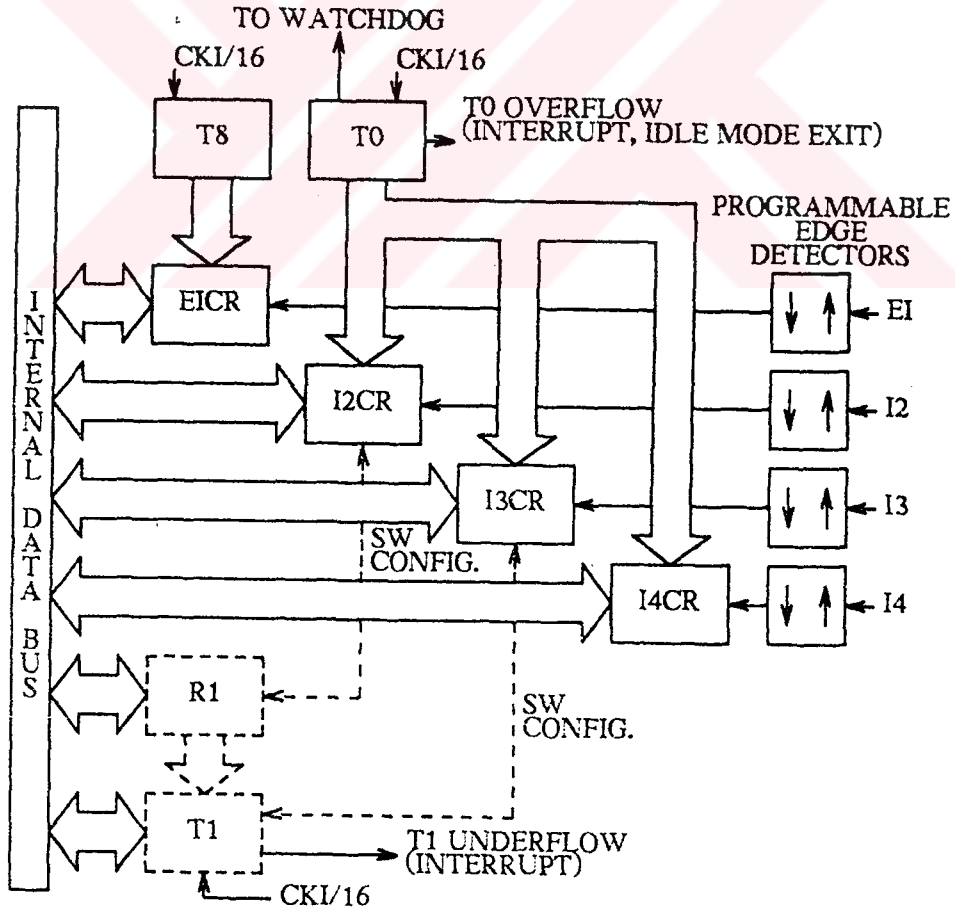
i - T0 zamanlayıcısı resetlenir. Diğer zamanlayıcılar etkilenmez.

i - P portu registerı da resetlenir. Başlangıç durumu sıfırdır.

j - UART'ın ENU, ENUI ve ENUR registerları da silinir.

2.9. Zamanlayıcılar

HPC16083, kapsamlı zamanlayıcı fonksiyonlarını yerine getirebilen esnek ve güçlü bir zamanlayıcı kümesini içermektedir. HPC16083, 9 tane 16 bit zamanlayıcıya sahiptir. T0 zamanlayıcısı serbest hareket eder ve CKI/16 oranında saymaktadır. WATCHDOG lojik, yüksek hızlı olay tutmalarında ve IDLE modundan çıkış için kullanılır. T0 zamanlayıcısı, I2CR, I3CR ve I4CR tutucu registerları vasıtasıyla kesin hesaplamalara izin vermektedir. TMODE registerındaki bir kontrol biti, T1 zamanlayıcısını ve R1 yardımcı registerını I3CR ve I2CR tutucu registerları gibi biçimlendirir. I2, I3 ve I4 interrupt pinleri üzerinde belirli olaylar meydana geldiğinde I2CR, I3CR ve I4CR tutucu registerları, T0 zamanlayıcı değerini kaydeder. IRCD kontrol registerı, kenar tetiklemeleri için tutucu registerları programlar bir interrupt üretmek için belirlenen kenarlar da programlanabilmektedir (Bkz. Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. Dört giriş tutucu registerları ile T0, T1 ve T8 zamanlayıcıları.

HPC16083, 16 bit serbest hareket eden ilave bir zamanlayıcıya (T8) sahiptir. Bu da EICR yardımcı giriş tutucu registerı (harici kesme tutucu registerı) ve EICON konfigürasyon registerı ile olmaktadır. EICON, EI pininin kenar ve mod seçimi için kullanılır. EICR, EI pini üzerinde özel bir durum meydana geldiğinde T8'in değerini kaydeden 16 bitlik tutucu bir registerdır.

Şekil 2.11'de gösterildiği gibi T2 ve T3 zamanlayıcıları seçilebilen clock oranlarına sahiptir. Bu iki zamanlayıcının clock girişi aşağıdaki iki kaynaktan seçilebilmektedir; harici pin veya clock girişini bölüp dahili olarak T3 zamanlayıcısına aktifken clock verme yeteneğine sahiptir. Bu, kullanıcıya 32 bit timer/counter içinde T2 ve T3 zamanlayıcılarını kaskad olarak çalıştırmayı sağlamaktadır. DIVBY kontrol registerı, clock girişini T2 ve T3 zamanlayıcılarına programlamaktadır. Yapı içindeki T1'den T7'ye kadar olan zamanlayıcılar zamanlayıcı-register çiftlerini oluşturmaktadır. Registerlar pulse süreklilik değerlerini tutmaktadır. Tüm zamanlayıcı-register çiftleri okunabilir veya yazılabilir özelliğe sahiptir. Her bir zamanlayıcı yazılım kontrolü altında başlatılıp durdurulabilir. Bir kez aktif olduğunda, zamanlayıcı aşağı sayar ve bunun yardımcı registerının içeriği zamanlayıcı içine otomatik olarak yüklenir.

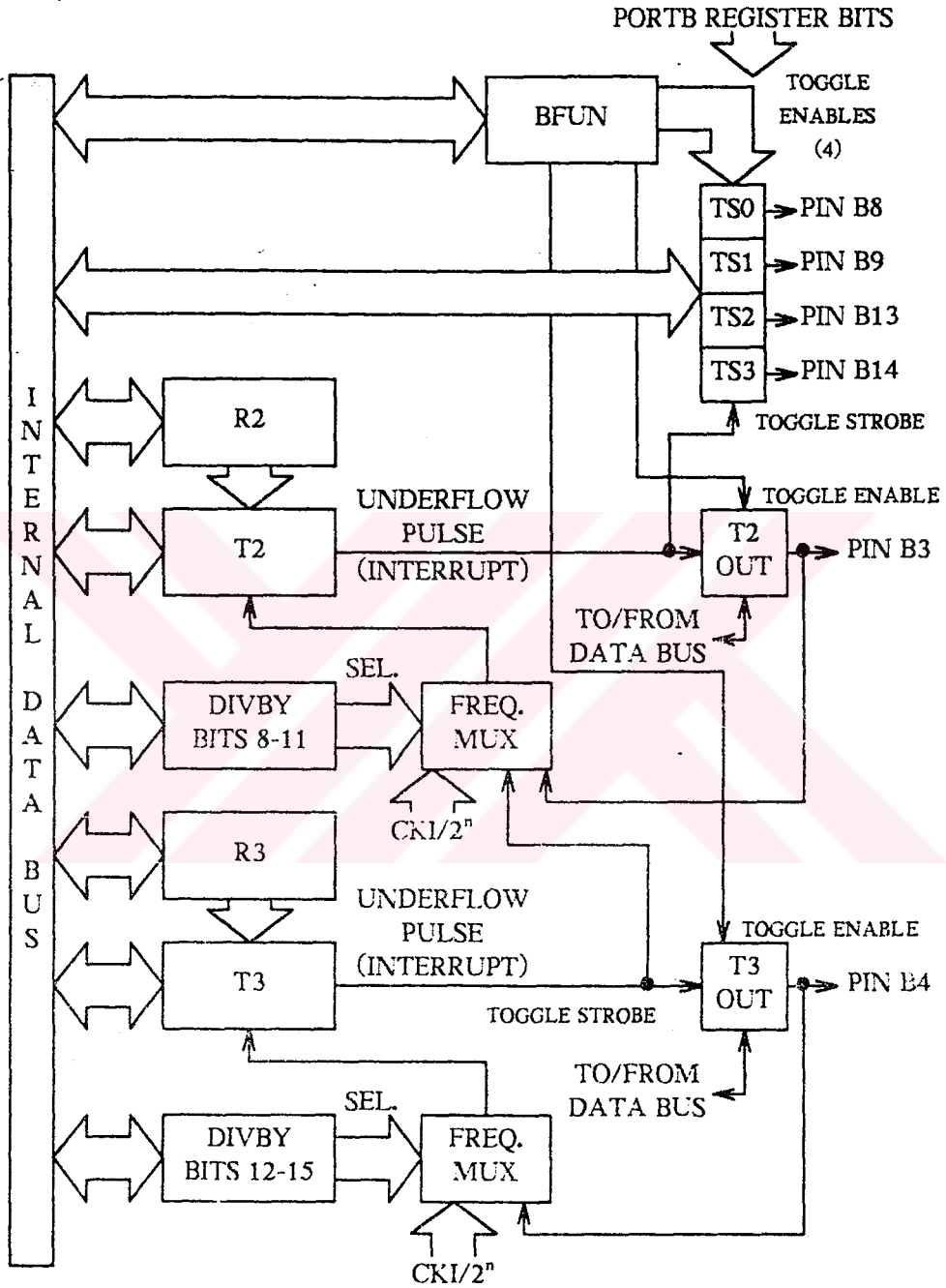
2.9.1. Senkron Çıkışlar

HPC16083'ün esnek zamanlayıcı yapısı, pulse üretimini ve hesaplamalarını basitleştirir. T2 zamanlayıcısıyla yapı içinde çalışan 4 adet senkron zamanlayıcıya sahiptir (TS0 - TS3). Herhangi bir zamanlayıcı için maksimum çıkış frekansı, timer/register çiftini sıfıra kurmakla elde edilebilir. Bu, timer'ı çalıştırmak için kullanılan kaynak frekansının 1/2'sine eşit çıkış frekansı üretecektir.

2.9.2. Zamanlayıcı Registerları

Zamanlayıcıları programlayan dört kontrol registerı mevcuttur. DIVBY (divide by-ile böl) registerı, clock girişini T2 ve T3 zamanlayıcılarına programlar. TMMODE (timer mode register), T1'den T3'e kadar olan zamanlayıcıları başlatmak ve bitirmek için kontrol bitlerini kapsamaktadır. PWMODE kontrol registerı, T4'den T7'ye darbe-genişlik zamanlayıcılarını benzer bir şekilde programlar. Bu

sayede başlatmak, sona erdirmek ve latch ve enable kesintilerine müsaade etmektedir.



Şekil 2.11. Zamanlama blok diyagramı.

3. DONANIM

3.1. ADC (Analog to Digital Converter)

Devrede analogdan dijitalle çevirici olarak ADC0808 kullanılmıştır. ADC0808, analog sinyali 8 bitlik sayısal sinyale çevirmektedir. Bu işlem, 100 mikrosaniyede gerçekleşmektedir. Bu sinyal dijitalle çevrildiği anda ADC0808 çıkışla birlikte EOC (End of Conversion) sinyali üretir. Bu entegre, 8 kanal analog sinyal girişine sahiptir. Bu kanallardan hangisinin kullanılacağı yine yazılımla kontrol edilmektedir. Besleme voltajı +5 V ve GND olup, referans olarak verilen değer çevrim sonunda 255 decimale karşılık gelir.

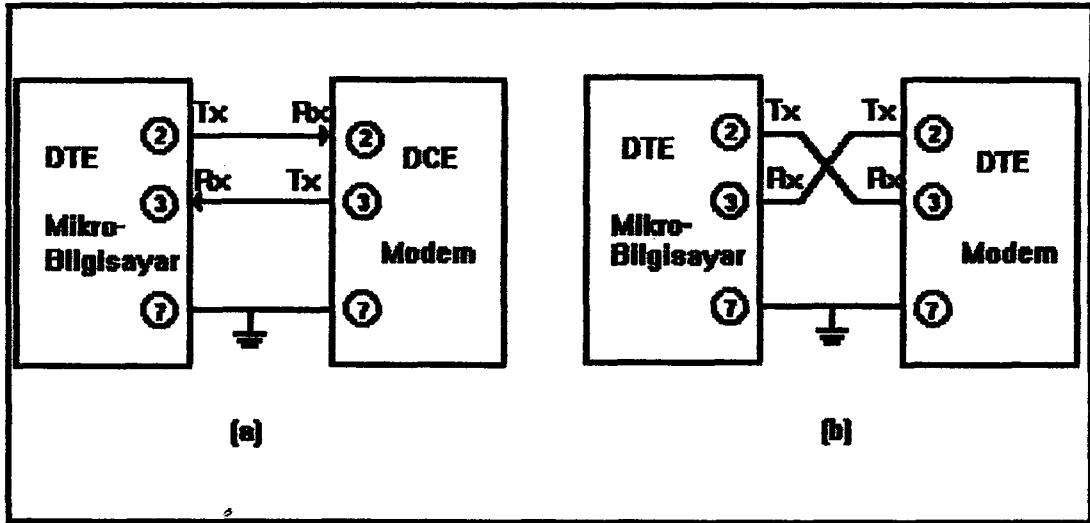
3.2. RS-232C Seri Port Ünitesi

Seri haberleşme, bir bit dizisinde veri bitleri sıralı bir şekilde her defasında bir bit olarak alınmakta veya gönderilmektedir. Bilgisayarda seri haberleşme, paralel verilerin seri bit akışına çevrilmesiyle yapılır. Bilgisayarlardaki TTL çıkışı uzak mesafelere hatasız gönderim yapamamaktadır. Uzak bir mesafeye gönderim yapabilmek için, TTL sinyallerinin başka bir forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemi gerilim seviye formunda yapılmaktadır. Genelde kullanılan seri haberleşme metodu RS-232C (Request Standard 232C) denilen voltaj seviye formudur. Bu formda -3V ile -20V arası lojik "1", +3V ile +20V arası ise lojik "0" seviyesini gösterir (Gaonkar, 1989).

3.2.1. Standart Asenkron (Seri) Haberleşme Protokolü

Protokolde lojik "0" başlama ve lojik "1" de bitiş biti olarak kabul edilmektedir. Tek hat üzerinden veri göndermek için transmisyon frekansının bilinmesi gerekmektedir. Baud hızı, tek hat üzerinden bir saniyede gönderilen bit sayısı olarak tanımlanır. Bu sistemde baud hızı olarak 9600 bps (bit per second) değeri kullanılmıştır.

En basit seri haberleşme, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi 2, 3 ve 7 no'lu pinlere yapılan bağlantılar olmak üzere üç hat gerektirmektedir. Bu hatlar, DTE (Data Terminal Equipment)'ye göre tanımlanmaktadır;



Şekil 3.1. En basit seri haberleşme için bağlantı şekli.

terminal 2 no'lu pinden göndermekte ve 3 no'lu pinden alınmaktadır. Diğer bir deyişle, DCE (Data Communication Equipment), 3 no'lu pinden gönderilmekte ve 2 no'lu pinden alınmaktadır (Gaonkar, 1989).

3.2.2. RS-232C Seri Portunun Programlanması

İki sistem arasında RS-232 kanalından haberleşme yapılabilmesi için bu cihazlara ait aşağıdaki bilgilerin bilinmesine ihtiyaç vardır:

1. Veri transmisyon hızı (baud hızı),
2. Eşlik (tek , çift veya eşlik yok),
3. Veri bitlerinin sayısı (5'den 8'e kadar),
4. Bitiş bitlerinin sayısı (1, 1.5 veya 2),
5. Her bir transmisyon sonunda cihaza, "carriage return" karakterinin gönderilip gönderilmeyeceği,
6. Cihazın veri tamponu varsa veya doluyorsa, bunu belirten bir sinyal iletip iletmeyeceği,
7. Bazı arabirim hatlarını PC'nin ihmal edip etmeyeceği belirtilmelidir.

Bu çalışmada kullanılan parametreler şunlardır:

COM n : b , p , d , sCOM 2 : 9600 , N , 8 , 2

Burada;

n: Tamsayı - Cihazdaki seri portun numarası,

b: İletim hızı - 110 ile 9600 bit/sn. arasındadır,

p: Eşlik biti - N; eşlik yok , E; Çift eşlik, O; tek eşlik,
d: Veri bit sayısını gösterir. 7 veya 8 dir,
s: Bitiş biti sayısını gösterir.

3.2.3. Seri Haberleşmede Kullanılan Entegre Devreler

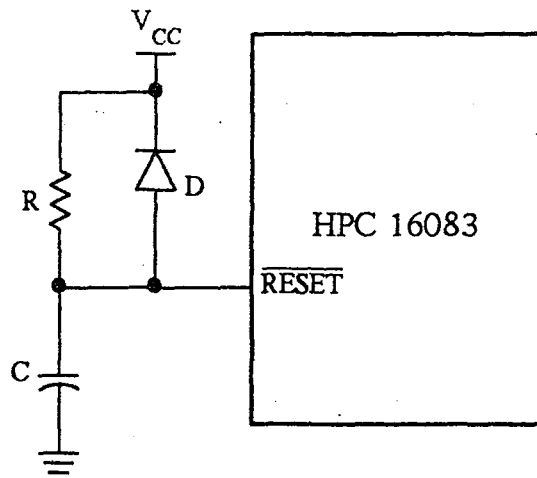
Seri haberleşmeyi gerçekleştirmek için temel iki tip entegre mevcuttur. Birinci tip entegre seviye çeviricisi olarak TTL sinyallerini RS-232C standart seviyesine dönüştürmek için kullanılır. İkinci tip ise alıcı/verici (receiver/transmitter) şeklinde mikroişlemci sisteminde TTL voltaj seviyesi olarak bulunmaktadır. Bu seri arabirim, standartları tarafından ihtiyaç duyulan gerilim seviyesi ile doğrudan uyumlu değildir. Bu sebeble seviye çeviricisine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada seviye çeviricisi olarak MC1488 ve MC1489 elemanları kullanılmıştır. Burada MC1488 TTL seviye sinyali, RS-232C standardı seviyesine ve MC1489 ise RS-232C standart seviyeli sinyalleri, mikrokontrolcü için gerekli olan TTL seviyeye dönüştürmektedir (Gaonkar, 1989).

3.3. Donanım Bağlantıları

3.3.1. Reset Devresi

RESET pinine lojik 0 uygulandığı anda mikrokontrolcü başlangıç durumuna gelir. RESET pini, yüksek empedanslı schmitt-trigger girişdir. Düşük seviyede (Low level) RESET piniyle sisteme yeniden başlama (reinitialize) verilir (Bkz. Şekil 3.2.). Sisteme yeniden başlama verildiğinde mikrokontrolcü single chip modda olacaktır. Çünkü HPC'deki PSW registerının EA (External Access) biti reset durumunda silinmektedir. Eğer sistem ROM'suz modda çalışacaksa watchdog lojik hiç kullanılmayacaktır. HBE pini (B12), RESET sinyalinin yükselen kenarlarında aktif olacaktır. Bu pin, HPC'nin 16 bitlik yada 8 bitlik modda çalışma durumunu belirler (Embedded Controller Databook, 1992).

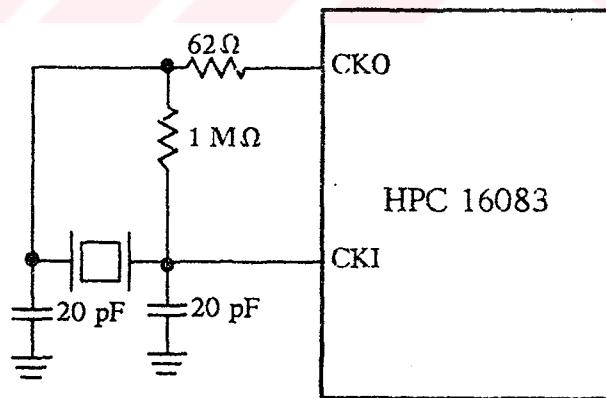


$$RC \geq 5 \times \text{POWER SUPPLY RISE TIME}$$

Şekil 3.2. Reset devresi.

3.3.2. Saat (Clock) Devresi

HPC'nin komutlarını "fetch" ve "execute" edebilmesi için gerekli olan kare dalgayı, kristalli bir osilatör devresi üretir. Buradan sabit bir clock elde edilir. Şekil 3.3'de gösterildiği gibi saat devresi çıkışı, sistemde saat sinyaline ihtiyaç duyulan diğer çevre birimlerine de clock sağlamaktadır.

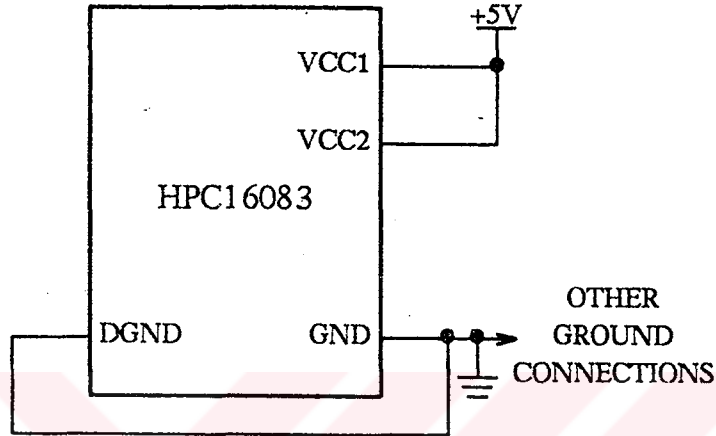


Şekil 3.3. Kristal osilatör bağlantısı.

3.3.3. Güç ve Topraklama

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi HPC'ye tek bir güç kaynağı ile besleme yapılır. Bu voltaj Vcc1 ve Vcc2 pinlerine uygulanır. Uygulanan gerilim +5 V'tur.

Toprak bağlantıları iki pinden yapılır. Lojik olarak topraklama (GND) chip üzerindeki için ortak topraklanır. Sürücü topraklama (DGND) chip üzerindeki çıkış tamponları (output buffer) için ortak topraklanır(Microcontrollers Databook, 1988).



Şekil 3.4. Güç kaynağı bağlantıları.

3.4. Mikrokontrolör Kartı

HPC'nin 52 hatlık giriş/çıkış portu bulunmaktadır. Portların esnek yapısı ve multitasking'e (çoklu görev) uygunluğu dolayısıyla bütün portların kullanımı sağlanarak genel amaçlı kullanılabilir yapı oluşturulmuştur. Port A 16 bitlik adres/data bus olarak kullanılmış, dışardan giriş/çıkış işlemleri iki adet 8255'in paralel olarak A portuna bağlanmasıyla sağlanmıştır(Ek-5). Böylece PC'den veya ilgili yerlerden (printer, sensör v.b) gelen 16 bitlik bilginin aynı anda kullanımı sağlanmıştır. B portunun düşük sekiz bitlik portu iki adet 8155'e bağlanarak sekiz bitlik giriş/çıkış ve ayrıca ADC bağlantısıyla da sekiz kanaldan analog bilgilerin alınması sağlanmıştır(Ek-2). B portunun yüksek sekiz bitlik portu ise kontrol sinyalleri için kullanılmıştır. B portunun B15. pini RD, B11.pini WR ve B10.pini ALE için kullanılmıştır. D portu 8 bitlik giriş, I portunun I1-I3 pinleri interrupt girişleri ve P portunun P0-P3 pinleri ise PWM (Pulse Width Modulated) çıkışları olarak kullanılmıştır. Sistemde seri bilgi alışverişi için MC1488 ve MC1489 entegreleri bulunmaktadır. Mikrokontrolör kartı, 16 bitlik moda kullanılmış ve 16 bit genişletilmiş mod yapısındadır(HPC User's Manuel, 1987; Microcontrollers Databook, 1988).

4. YÜKSEK SICAKLIKLARIN KONTROLÜ

Tasarlanan mikrokontrolcü kartının yazılım desteğinin geniş ve esnek olması, istenilen uygulamaların gerçekleştirilmesine imkan tanımaktadır (Embedded Controllers Databook, 1992).

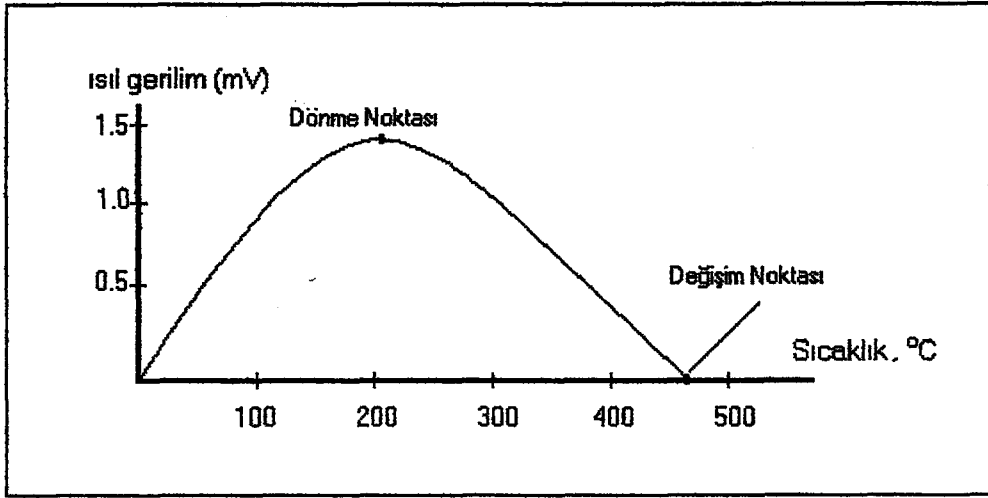
Bu tezde uygulama olarak yüksek ısılı sanayi tipi fırınların sıcaklık ölçümü yapılmaktadır (Bugan, 1990). Mikrokontrolcü kartı ile dış dünya arasındaki haberleşmeyi sağlamak için "transducer" olarak termocupl kullanılmıştır. Termocupl, fırındaki sıcaklık seviyelerini elektiriksel büyüklüklere çevirmekte ve bu sinyaller güçlendirilerek mikrokontrolcü kartının işlemesi için uygun hale getirilmektedir (Korükek, 1988).

4.1. Termocupl

Sıcaklık ölçümleri giderek artan oranda önemli bir konu haline gelmiştir. Sıcaklık tamamen fizik ile ilgili temel bir konudur. Çok çeşitli fiziksel özellikleri etkileyen bir parametre olması nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Sıcaklık ölçümü için çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içerisinde elektronik dünyasının en çok kullandığı sensörlerden birisi termocupldır. Termocupllarla -200 °C'den 2320 °C'ye kadar ölçüm yapılabilmektedir (Korükek, 1988).

Sistemde transducer (dönüştürücü) olarak kullanılan termocupl, iki farklı metalin (mesela demir ve bakır gibi) birleşme noktasında sıcaklığa bağlı olarak bir potansiyel farkının elde edilmesi prensibine göre çalışır. Şekil 4.1'de bu potansiyel farkının sıcaklıkla değişimi gösterilmektedir. Genellikle bu potansiyel farkını ölçmek için araya başka bağlantı iletkenlerinin olmasından termokuplu oluşturan iki metal (A ve B) Şekil 4.2'deki gibi bağlanır ve bu yüzden iki jonksiyon ortaya çıkar. Bunlardan biri soğuk (T2) jonksiyondan diğeri sıcak (T1 sıcaklığında) ise Şekil 4.2'de gösterildiği gibi çevrimden bir akım akar veya çevrim açıksa açık olan uçlarda (T1-T2) sıcaklık farkıyla orantılı bir gerilim oluşur (Seebeck etkisi). Tersine iki jonksiyonu olan böyle bir çevrime bir gerilim kaynağı uygulandığında, çevrimde bir akım dolaşır ve jonksiyonlardan biri T1, diğeri T2 sıcaklığına gelir (Peltier etkisi). Bu son etki sıcaklığa

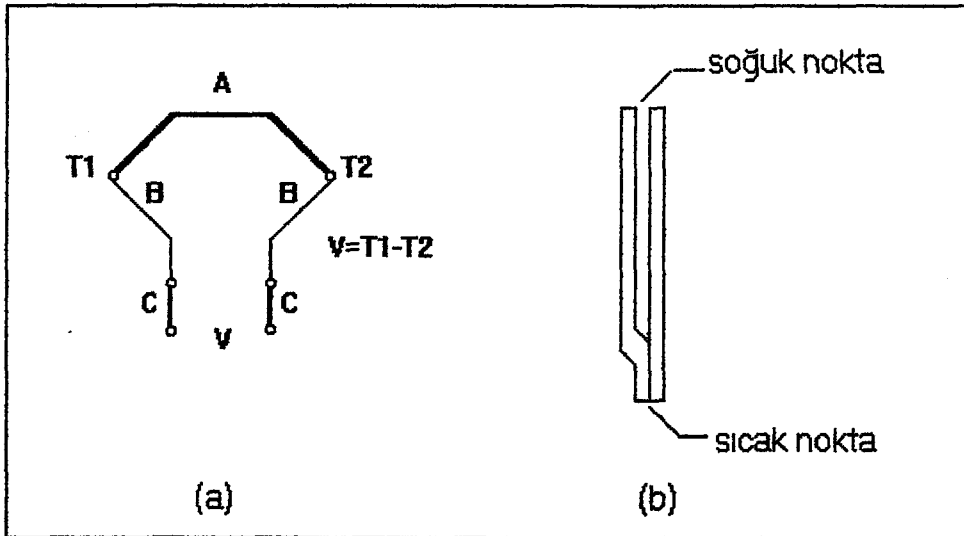
hassas bazı elektronik düzenlerin soğutulmasında kullanılır (Korükek, 1988).



Şekil 4.1. Demir-bakır termokupl elemanına ilişkin gerilim-sıcaklık karakteristiği.

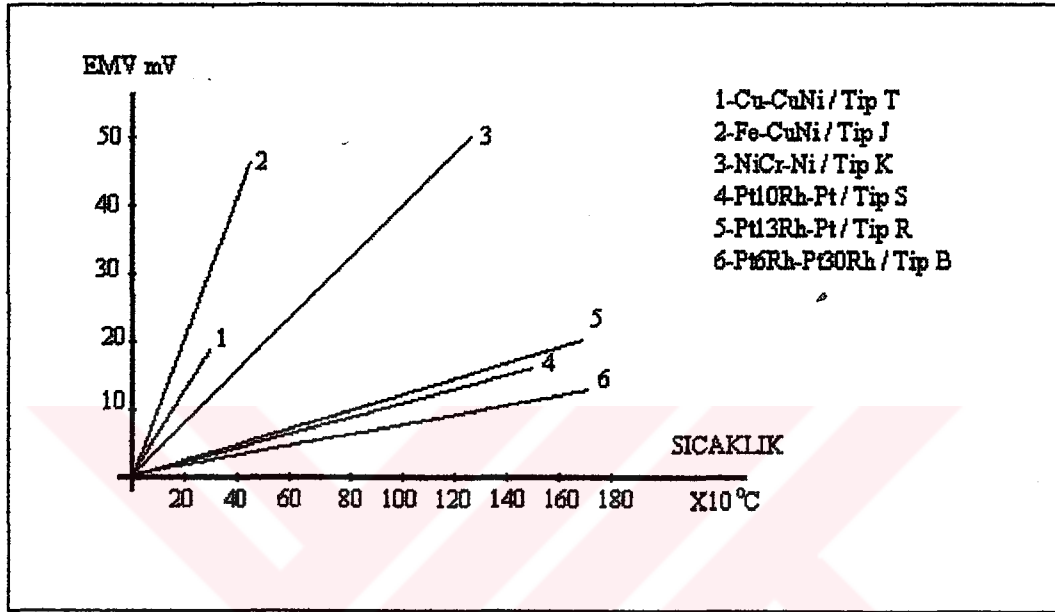
Şekil 4.2'de gösterilen termokupl çevriminde ölçülen gerilimde Seebeck etkisinden başka Thomson etkisi de görülür. Thomson etkisi, her iletkendeki sıcaklık dağılımının bir sonucudur. Thomson gerilimi olarak açığa çıkan bu etki T_1 ve T_2 sıcaklıklarının kareleri farkı ile orantılıdır. O halde çıkışta elde edilen gerilim (4.1) eşitliğinde verilmiştir.

$$V = a (T_1 - T_2) + b (T_1^2 - T_2^2) \quad (4.1)$$



Şekil 4.2. İki jonksiyonlu termokupl genel yapısı.

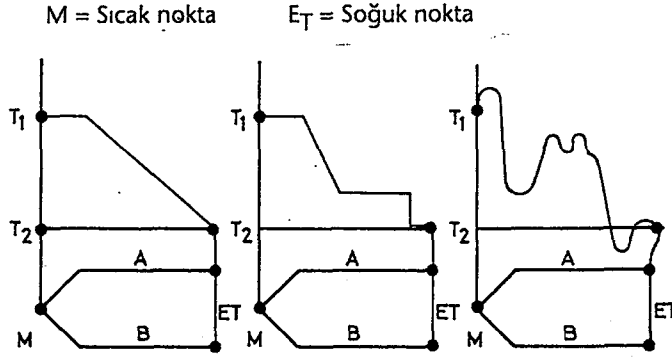
Bu eşitlikte T_1 ve T_2 , derece ($^{\circ}\text{C}$) olarak jonksiyon sıcaklıklarıdır. Sıcaklık farkı çok değilse yukarıdaki eşitlikteki kareli terimin etkisi fazla olmaz ve bu gerilim sıcaklık ilişkisi lineer olur (Bkz. Şekil 4.3.) (Korükek, 1988).



Şekil 4.3. Isıl gerilim-sıcaklık grafikleri.

Termokupl, iki farklı alaşımın ucunun kaynaklanması ile oluşturulan basit bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynak noktası sıcak nokta, diğer açık iki uç soğuk nokta (veya referans noktası) olarak anılır. Termokupl olayı sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından doğar. Bu sıcaklık farkına orantılı, soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim üretilir (Elimko, 1991). Termokuplun sıcak ve soğuk noktaları arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim, sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına oranlıdır (Bkz. Şekil 4.4.).

Dolayısıyla soğuk noktanın sıcaklığı önemlidir. Sıcak nokta aynı kalmak kaydı ile soğuk nokta sıcaklığı değiştiği takdirde farklı sıcaklıklar okunacaktır. Bu nedenle termokupl mV tablolarındaki değerlerde standardizasyon sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C 'de tutulması ile elde edilmiştir. Mesela, 400°C 'ye karşılık gelen mV değeri termokuplun sıcak noktası 400°C 'de, soğuk nokta 0°C 'de iken uç noktada ölçülen mV değeridir (Elimko, 1991).



Şekil 4.4. Termokuplda sıcak ve soğuk nokta sıcaklıkları.

Termokupl'lar endüstride sıcaklık ölçümlerinde çok geniş uygulamalarda kullanılmaktadır. Termokupl aslında iki farklı metal veya alaşım tel olmasına rağmen genelde prosese çıplak olarak daldırılmaz. Çeşitli mekanik darbeler, fiziksel ve kimyevi aşındırıcı özellikler göz önüne alınarak belli özel koruyucu kılıflar içerisinde kullanılır. İki farklı eleman teli farklı kutuplarda oldukları için birbirlerinden izolatör yardımıyla izole edilir. İzolatörlerin seçiminde yine ortam şartlarının, sıcaklık sınırlarının önemi büyüktür. Gerek eleman tellerinin gerekse koruyucu tüplerin cinsleri termokuplların ömürlerine doğrudan etki etmektedir (Elimko, 1991).

4.1.1. Termokupl Eleman Teli Cinsleri

-200 °C'den 2320 °C'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 standart termokupl eleman teli çeşitleri şöyledir:

- | | |
|--------------------|---|
| 1) Cu-Const (CuNi) | Bakır - Konstantan |
| 2) Fe-Const (CuNi) | Demir - Konstantan |
| 3) Cr-Al | Kromel - Alümel |
| 4) NiCr-Ni | Nikelkrom - Nikel |
| 5) Cr-Const | Kromel - Konstantan |
| 6) Nikrosil-Nisil | Nikelkrom silikon - Nikel silikon mağnezyum |
| 7) Pt%10Rh-Pt | Platin Rodyum - Platin (%10) |
| 8) Pt%13Rh-Pt | Platin Rodyum - Platin (%13) |
| 9) Pt%18Rh-Pt | Platin Rodyum - Platin (%18) |
| 10) Tn-Tn%26Re | Tungsten - Tungsten %26 Renyum |

Bu termokuplların sıcaklık sınırları ve standart kodları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

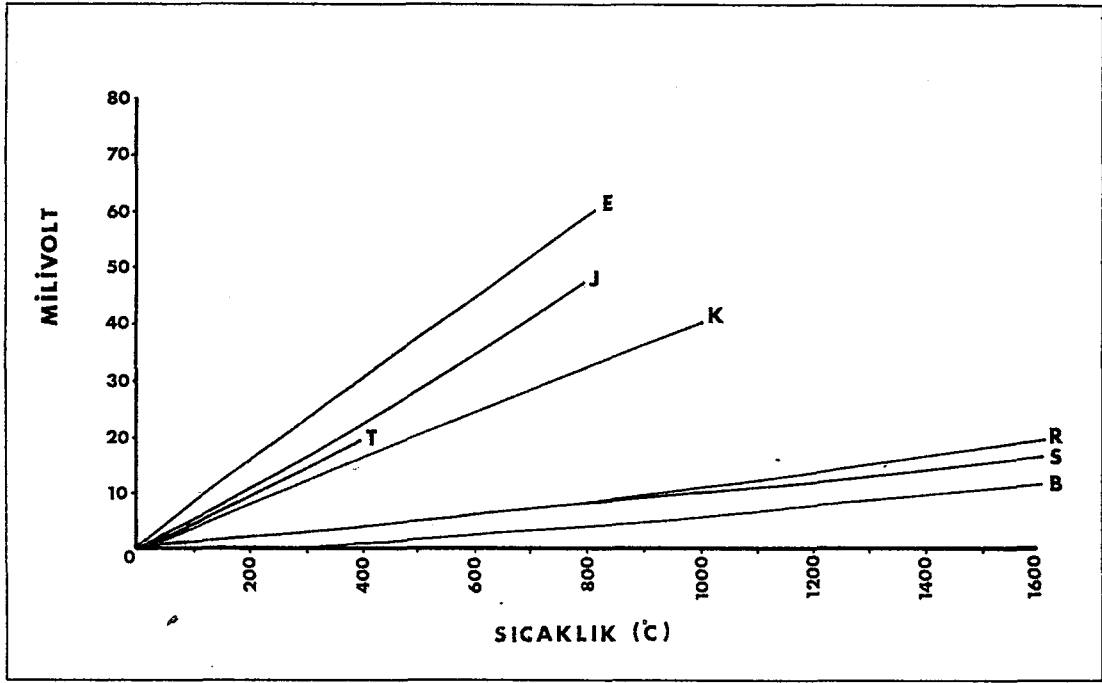
Bu eleman tellerinin sıcaklık-mV eğrilerini incelenirse doğrusal olmadıkları görülür. Termokupl sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde herbirinin sıcaklık ölçümü açısından diğerine nazaran daha uygun olduğu bölgeler vardır. Mesela, 0-800 °C sıcaklık ölçümü yapabilen Fe-Const ile 0-1200 °C'ye kadar ölçüm yapabilen NiCr-Ni eleman tellerinin mV eğrisi karşılaştırıldığında 300-600 °C arasında Fe-Const, NiCr-Ni'e nazaran daha lineerdir. Bu nedenle bu aralıkta Fe-Const ile çalışma tercih edilir(Şekil 4.5.). Yine aynı yaklaşımla PtRh-Pt termokupllar için 800-1600 °C arası uygun bir çalışma bölgesidir. 800 °C'nin altında lineerlik iyi değildir(Elimko, 1991).

Çizelge 4.1. Çeşitli termokupllar ve sıcaklık sınırları.

SIRA NO	ELEMAN CİNSİ	DIN 43710	DIN 43710 IEC 584	SICAKLIK ARALIĞI
1	Cu-Const	U	T	-200 - 300 °C
2	Fe-Const	L	J	-200 - 800 °C
3	Cr-Al		K	-200 - 1200 °C
4	NiCr-Ni		K	-200 - 1200 °C
5	Cr-Const		E	-200 - 1200 °C
6	Nikrosil-Nisil		N	0 - 1200 °C
7	Pt%10Rh-Pt		S	0 - 1500 °C
8	Pt%13Rh-Pt		R	0 - 1600 °C
9	Pt%18Rh-Pt		B	0 - 1800 °C
10	Tn-Tn%26Re		W	0 - 2000 °C

Not: Yeni standartlar için Ek.7'deki mV değerleri kısmına bakınız.

Termokupl elemanında tellerinde ilk tel bacak (+) referanslıdır. Yani diğer bacağına nazaran (+) yüklüdür. Diğer bacak (-) değerdedir. Bu yüzden termokupl, cihaza (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Dünya standartlarında termokupl uçları belli renk kodları ile kodlanmıştır. DIN standartlarında (+) bacaklar kırmızı, negatif bacaklar termokuplların cinsine göre değişmektedir. Çizelge 4.2'de bu kodlar verilmektedir(Korükek. 1988).



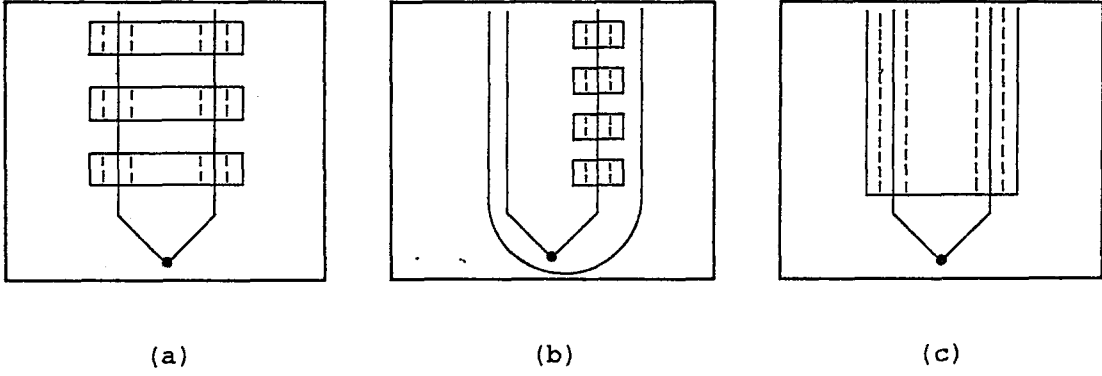
Şekil 4.5. Termokupl sıcaklık-mV eğrileri.

Çizelge 4.2. DIN standardı termokupl renk kodları.

+	RENK	-	RENK
Cu	Kırmızı	Const	Kahve
Fe	Kırmızı	Const	Mavi
NiCr	Kırmızı	Ni	Yeşil
PtRh	Kırmızı	Pt	Beyaz

4.1.2. Eleman Tellerinin İzole Edilmesi

Termokupl ucu kaynaklandıktan sonra koruyucu tüp içinde olmasa bile (+) ve (-) bacaklar birbirinden izole edilir. İzolasyon için seramik izolatörler kullanılır. Bu izolatörler de, sıcaklık sınırlarına ve ortam şartlarına göre seçilir. Genellikle DIN standardında KER 610 olarak bilinen özel porselen izolatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. 1400-1500 °C'nin üzerinde veya özel ortam şartlarında KER 710 olarak bilinen saf alümina izolatörler de kullanılır. 1200 °C'nin altındaki sıcaklıklarda Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi eleman telleri genel olarak tek parça olmayan parçalı izolatörlerle, PtRh-Pt termokupllar tek parça izolatörlerle izole edilir. Şekil 4.6'da izolatör tipleri görülmektedir (Elimko, 1991).



Şekil 4.6. Termokuplların çeşitli izolasyon tipleri.

- (a) Çift delikli ayrı ayrı izolatörlü iki bacak izole edilmiş.
- (b) Tek delikli izolatör, tek bacak izole seramik bacak içinde.
- (c) Yekpare tek izolatör ince telli termokupllar için.

4.1.3. Eleman Tellerinin Sıcaklık Sınırları

Termokupl eleman tellerinin dayanabileceği sıcaklık sınırları eleman teli çapına bağlıdır. Çap kalınlaştıkça çıkabileceği maksimum sıcaklık arttığı gibi kalın çaplı tel inceye nazaran daha uzun ömürlü olabilecektir. Termokupllarda kullanılan tellerin çapları seçilirken şüphesiz kullanılan boru çapları da göz önüne alınır. Ayrıca Çizelge 4.3'den izleneceği üzere Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi eleman telleri değişik çaplarda üretilirken PtRh-Pt eleman telleri en kalın 0.5 mm çapta olabilmekte ise de yaygın kullanılan çap 0.35 mm olmaktadır (Elimko, 1991).

4.1.4. Koruyucu Kılıflar

Termokupl uygulamalarında dış koruyucu kılıfların önemi büyüktür. Eleman tellerinin proses içinde mekanik darbeler, kimyevi ve fiziksel aşınmalara karşı belli bir ömre sahip ve dayanıklı olmaları için ortam şartlarına göre çeşitli kılıflar kullanılır. (Elimko, 1991). Termokupl eleman tel uçları kaynaklı ve izolatörlü bu kılıflar içine monte edilir.

Genel olarak 1200 °C'ye kadar metal, 1200 °C'nin üzerinde seramik koruyucu kılıflar kullanılır. Bazı özel uygulamalarda 1200 °C'nin altında seramik kılıflar kullanıldığı gibi 1200 °C'nin biraz üstüne kadar olan uygulamalarda da özel alaşımlı metal kılıflar kullanılabilir.

Çizelge 4.3. Termokupl eleman çaplarına göre sıcaklık sınırları.

ELEMAN CİNSLERİ	SÜREKLİ °C	MAKSİMUM °C	TEL ÇAPLI
Cu-Const	300	600	0.2 mm
	300	600	0.5 mm
	300	600	1 mm
Fe-Const	400	600	0.5 mm
	600	800	1 mm
	600	800	1.6 mm
	700	900	2 mm
	700	900	2.5 mm
	700	900	3 mm
NiCr-Ni	600	800	0.5 mm
	800	1000	1 mm
	900	1100	1.38 mm
	900	1100	1.6 mm
	1000	1200	2 mm
	1000	1200	2.5 mm
	1000	1200	3 mm
PtRh-Pt	1300	1600	0.35 mm
	1300	1600	0.5 mm
	1300	1700	0.6 mm

a) Metal Kılıflar

Metal koruyucular kullanılacağı ortamın kimyevi aşınmalarına, mekanik darbelerine ve korozyif gazlarına karşı çok çeşitli alaşımlarda üretilmektedir. Koruyucu kılıf seçiminde yukarıda sayılan özelliklerin yanı sıra sıcaklık sınırları çok önemli bir faktördür. Bu faktörler göz önüne alınarak çalışacağı ortama en uygun koruyucu kılıf seçilir. DIN standartlarında bir çok proses için ortak olarak kullanılan metal kılıfların alaşım oranları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Bu kodlar ve kimyevi analizler, DIN standartlarından alınmıştır (Elimko, 1991).

Termokupl uygulamalarında en çok kullanılan metal kılıflar, DIN standardında olup çeşitli proseslerde uygulama alanı olan metal koruyucuları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Alaşım oranları DIN standartlarından bulunabilir.

Çizelge 4.4. Metal koruyucu kılıfların DIN standartlarına göre birleşim oranları.

METAL KILIF CINSİ	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %	DİĞERLERİ
St. 35.8	≤ 0,17	0,10-0,35	0,40-0,80	0,040	0,040	—	—	—	—
1.4541	≤ 0,10	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	—	9,0-11,5	Ti ≥ 5 x % C
1.4571	≤ 0,10	1,0	2,0	0,045	0,030	16,5-18,5	2,00-2,50	10,5-13,5	Ti ≥ 5 x % C
304	0,05 max	1,0	2,0	0,045	0,030	18,50	—	9,50	—
316	0,05 max	1,0	2,0	0,045	0,030	17,00	2,70	12,50	—
1.4301	≤ 0,07	1,0	2,0	0,045	0,030	17,0-20,0	—	8,5-10,5	—
1.4762	≤ 0,12	0,70-1,40	≤ 1,00	0,040	0,030	23,0-26,0	—	—	Al 1,20-1,70
1.4772	≤ 0,12	1,9-2,40	≤ 1,00	0,045	0,030	27,0-30,0	—	—	—
1.4841	≤ 0,20	1,50-2,50	≤ 2,00	0,045	0,030	24,0-26,0	—	19,0-21,0	—
1.4867	≤ 0,15	0,50-2,00	≤ 2,00	0,025	0,020	14,0-19,0	—	59,0-65,0	Cu ≤ 0,50
Inconel 600	0,05	—	—	—	—	15,5	—	75	Fe 8,0
C-2	≤ 0,03	—	≤ 0,030	0,010	—	—	—	—	—

Çizelge 4.5. Metal koruyucu kılıfların gazlara karşı dayanıklılığı.

	Kükürtlü Ortam		Azot gazlı ortamlar	Karbon gazlı ortamlar	Pasa karşı dayanım	Sıcaklık sınırı
	İndirgen	Yükseltgen				
1.4762	yüksek	çok yüksek	düşük	orta (>900°C)		1200
1.4841	çok düşük	orta	yüksek	düşük (>900°C)		1150
1.4867	düşük	düşük	yüksek	çok düşük	çok yüksek	1150
Inconel	çok düşük	düşük	yüksek	çok düşük	çok yüksek	1250
St.35.8	düşük	düşük	orta	--	--	550

Koruyucu kılıflar ortam şartlarına bağlı olarak büyük özen gösterilerek seçilmelidir. Doğru seçim doğrudan termokupl ömrünü etkilemektedir. Dış görünüşü ile metal olan bir koruyucu kılıf alaşım oranlarına bağlı olarak proses içinde değişik ömre sahip olacaktır. St. 35.8 ucuz bir koruyucu kılıftır. 700 °C'ye kadar çeşitli tavlama işlemlerinde kullanılabilir. 1.4841, 1.4762 yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ve daha pahalı özel alaşımlı borulardır. St. 35.8'in

kullanıldığı yerde 1.4841, 1.4762 kullanılması lükstür. Ancak 1.4741, 1.4762'nin kullanılması gereken yerde St. 35.8'in kullanılması ekonomik değildir. Inconel diğer tüm kılıflara nazaran daha pahalıdır. 1150-1200 °C'nin biraz üzerine çıkma ihtimali olan ancak metal kullanılan yerlerde inconel gerekmektedir. Böyle bir uygulama için inconel pahalıdır, fakat diğerlerinden uzun ömürlüdür. Inconelin kesin gerektiği yerde pahalı diye ucuz kılıfları seçmek aslında daha pahalı bir çözümdür. Çizelge 4.4'den yararlanarak koruyucu kılıfların alaşım oranlarından giderek yorum yapılırsa 1.4841 sert NiCr-Ni alaşımlı borudur. Inconel daha sert ve 1.4841'e nazaran pahalı bir borudur. Inconel'de Ni oranı %75, 1.4841'de %19-21 Ni vardır. Inconele nazaran daha ucuz olan 1.4841'in performansı ile inconelin performansı kullanıcı tarafından denenerek saptanabilir. Çizelge 4.5'e göre kükürt gazlarının yoğun olduğu bölgelerde 1.4762, diğerlerine nazaran daha iyi cevap vermektedir. Çizelge 4.4'de dikkat edilirse 1.4841 ve inconel içinde Ni olması 1.4762'de ise hiç Ni olmaması kükürtlü ortamlarda 1.4762'yi daha kullanışlı hale getirmektedir. Fakat 1.4762'de Ni olmadığı için bu termokupl mekanik aşınmaya diğerleri kadar dayanıklı değildir. Dolayısıyla kullanıcı bir kaç noktayı göz önüne alarak seçim yapmalıdır. Diğer bir nokta, metal borunun dikişli veya dikişsiz olmasıdır. Çeşitli gazların yoğun olduğu yerlerde gazlar dikişli boruların içine sızabilir. Bu durumda eleman telinin ömrü kısalabilir. KER 610 gaz geçirmez olarak dikişsiz boruların içinde de kullanılır, ancak dikişli borunun içine gaz geçirmesi ihtimali daha yüksektir. Gazlardan dolayı eleman telinin ömrü kısalıyor ise dikişli veya dikişsiz boru kullanılsa da içine KER 610 gaz geçirmez tüp yerleştirmekte yarar vardır (Elimko, 1991).

b) Seramik Tüpler

Termokupl uygulamalarında genellikle 1200 °C'nin üzerine çıkıldığı durumlarda seramik tüpler kullanılır. Bu konuda en fazla kullanılan DIN standardı seramik kılıflar:

KER 530 (Poroz seramik)

KER 610 (Özel porselen)

KER 710 (Saf alümina) dir.

KER 530: Poroz özelliindedir, yani gözenekli yapıdadır. Ani sıcaklık değişmelerinde hücre bağları arasında boşluk olduğu için genleşmeye müsaittir. Yani termal şoklara son derece iyi dayanıklıdır. Gazlardan etkilenme ihtimali olan uygulamalarda poroz seramik içinde gaz

geçirmez tüp kullanılır. 1600 °C'ye kadar olan ve termal şok ihtimali olan uygulamalarda tercih edilir. KER 610; KER 710'a nazaran ucuzdur.

KER 610:Özel porselen olarak bilinmektedir. Hücre yapısı gözeneksizdir. Bu nedenle gaz geçirmez özelliğe sahiptir. 1500 °C'ye kadar kullanılabilir. Tek başına seramik tüplü PtRh-Pt termokupl olarak kullanılabilirdiği gibi metal kılıflar içerisinde gaz geçirmez tüp olarak da geniş bir kullanım alanı vardır.

Mesela, tuz banyoları ve tav ocakları uygulamalarında uygun seçilen dış metal koruyucu kılıf içine yerleştirilen KER 610 seramik kılıf, eleman telinin ömrünü uzatmaktadır. Dolayısı ile termokuplun komple ömrü "gaz geçirmez" tüpsüz olana nazaran daha uzundur. Termal şoklara orta derecede dayanıklıdır.

KER 710: Seramik tüpler içinde en kaliteli seramik yapıya sahip olanıdır. Saf alümina olarak %99.97 oranında ihtiva eder. Sıcaklık limiti olarak diğer tüplere nazaran daha yüksek sıcaklıklara dayanabilir. 1800 °C'ye kadar olan termokupl uygulamalarında KER 710 saf alümina tüpler kullanılır. Seramik bağları çok sıktır. Bu nedenle çok iyi gaz geçirmezlik özelliği de vardır. Seramik tüpler içinde en üst düzeyde kaliteli olmasının yanı sıra diğerlerine göre çok daha pahalıdır. Dayanıklılık-sıcaklık-gaz geçirmezlik-termal şoklar açısından en üst düzeyde bir tüptür. Geniş kullanım alanları vardır(Elimko, 1991).

4.1.5. Koruyucu Kılıf Seçimi

Termokupl dış koruyucu kılıfı, tamamen ortam şartlarına ve prosesin durumuna göre seçilmelidir. Çalışma şartları koruyucu kılıf seçiminde çok önemli bir faktördür. Termokuplun ömrü, doğru veya yanlış koruyucu kılıf seçimine bağlı olarak artacak veya azalacaktır. Çizelge 4.6 'da çeşitli proseslerde ortam şartlarına göre en iyi cevabı veren termokupl koruyucu kılıfları sınıflandırılmaktadır. Bu çizelgede uygulamalara göre koruyucu kılıf seçimi sıralanmaktadır. Bu bölümde ise koruyucu borular DIN standartlarına göre sıralanmakta ve karşılıklarına kullanılabilceği uygulamalar yazılmaktadır (Bkz. Çizelge 4.7.)(Elimko, 1991).

Çizelge 4.6. Çeşitli ortam şartlarına göre en iyi ortam şartlarını veren termocupl koruyucu kılıfları.

	UYGULAMA	SICAKLIK	MALZEME	ELİMKO KODU	
TAVLAMA (Heat Treating)	Yumuşama (Annealing)	700°C ye kadar	St 35.8 1.4571	D K	
		700°C nin üzerinde	1.4762 1.4841 Inconel	L N I	
	Karbonlama (Carburizing)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841 Inconel	L N I	
		1200°C nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 710	X Y Z	
	Nitralama (Nitriding)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N	
	Sertleştirme (Hardening)	700°C ye kadar	St 35.8	D	
		1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N	
		1200°C nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 710	X Y Z	
	TUZ BANYOSU (Salt Baths)	Siyandır C (Carburizing-Cyanide)	950°C ye kadar	C-2 Inconel	C I
		Klorür (Chloride)	1260°C ye kadar	C-2 Alloy-25	C A
Hızlı tuzlar (High speed)			KER 610 KER 710	Y Z	
Nötr C (Neutral)			C-2 1.4762 1.4841 Inconel	C L N I	
DEMİR VE ÇELİK (Iron & Steel Industry)	Oksijen Ocakları (Basic oxygen Furnaces)	1600°C ye kadar	Quartz	Q	
	Yüksek fırın (Blast furnaces)	a) Alt çıkış (Down comer)	1250°C ye kadar	Inconel	I
			1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
		b) Ocak üstü (Stove-dome)	1200°C üzerinde	Silikon-Carbide Refrax	S R
		c) Sıcak gövde (Hot blast main)	1250°C ye kadar	Inconel	I
		d) Cehennemlik (Stove trunk)	1250°C ye kadar	Inconel	I
		e) Cehennemlik çıkışı (Stove outlet flue)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		f) Baca gazı (Flues and stack)	1250°C ye kadar	Inconel	I
			1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
		h) Küçük tavlama Öğütme	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841 Inconel	L N I
		i) Durdurucu (Checkers)	1250°C ye kadar	Inconel Metal Seramik	I -
	j) Baca gazı boyler (Waste heat boiler)	1200°C ye kadar	1.4841 1.4762	N L	
		1200°C ye kadar	Inconel	I	
		k) Kaynak (Billet-heating)	1200°C ye kadar	1.4841 1.4762	N L
		Butt welding Slab-heating	1250°C ye kadar	Inconel	I
		1200°C nin üzerinde	KER 610 Silikon-Carbide	Y S	
	Sürekli fırın bölmelerinde (Continuous furnace sections)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841 Inconel	L N I	
		1200°C nin üzerinde	530 610 710	X Y Z	
		Şekillendirme (Forging)	1500°C ye kadar	Silikon-Carbide KER 610	S Y
	1600°C ye kadar		KER 530 KER 710	X Z	
Isıtma potalarında (Soaking Pits)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N		
	1200°C ye kadar	Inconel	I		

	UYGULAMA	SICAKLIK	MALZEME	ELİMKO KODU
DEVAM	Isıtma Potalarında	1200°C nin üzerinde	Silicon-Carbide Refrax KER 530 KER 610 KER 710	S R X Y Z
	Vakumlu eritme (vacum melting)	1600°C ye kadar	KER 710	Z
	İndüksiyonla eritme (Induction melting)	2000°C ye kadar	Berilyum oksit	-
A METALLER (Non - Ferrous Metals)	Alüminyum (Aluminum) a) Eritme (Melting)	700°C nin üzerinde	Silicon-Carbide Refrax Grafit	S R -
		700°C ye kadar	Pik döküm	-
		600°C ye kadar	St 35.8	D
	b) Tavlama (Heat treating annealing)	800°C ye kadar	1.4571	K
		1200°C ye kadar	1.4762	L
			1.4841	N
	1250°C ye kadar	Inconel	I	
		Pirinç-Bronz (Brass-bronze)	1250°C ye kadar	1.4762
	1250°C nin üzerinde		Silicon-Carbide Refrax Grafit Daldırma T/C	S R - -
	Bakır (Ergimiş) (Copper) (molten)	1250°C ye kadar	1.4762	L
		1250°C ye kadar ve üstünde	Silicon-Carbide Refrax Grafit Daldırma T/C	S R - -
	Kurşun (Lead)	300°C ye kadar	1.4571	K
		300°C üzerinde	1.4762	L
	Magnezyum (Magnesium)	700°C ye kadar	Silicon-Carbide Refrax Inconel	S R I
			C-2 Pik döküm Karbon çeliği	C - -
	Teneke, çinko ve Galvaniz (Tin)	650°C ye kadar	C-2	C
		650°C üzerinde	Silicon-Carbide Refrax	S R
	Eritme ve maden tavlama (Smelting and Ore roasters)	1250°C ye kadar	Inconel	I
		1200°C ye kadar	1.4762	L
		1200°C nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 710 Silicon-Carbide Refrax	X Y Z S R
Yatak malzemesi (Babbitt)	1250°C ye kadar	1.4762	L	
	1250°C üzerinde	Silicon-Carbide Refrax Karbon çeliği Grafit	S R - -	
CİMENTO SANAYİ (Cement)	Baca gazlarında (Exit flues)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
		1200°C üzerinde	Inconel Silicon-Carbide Refrax	I S R
	Fırın ve cehennemliklerde (Kilns (Clinkerend) and heating zones)	1250°C ye kadar	Inconel	I
SERAMİK (Ceramics)	Pisirme (Kilns)	1500°C ye kadar	KER 610 Silicon-Carbide Refrax	Y S R
		1600°C ye kadar	KER 530 KER 710	X Z
	Kurutucular (Dryers)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		800°C ye kadar	1.4571	K
		800°C nin üzerinde	Silicon-Carbide Refrax	S R
	Sırlama (Vitreous enameling)	1200°C ye kadar	1.4762	L
		1250°C ye kadar	Inconel	I
1200°C nin üzerinde		Silicon-Carbide Refrax KER 530 KER 610 KER 710	S R X Y Z	
KİMYA	Genel olarak PASLANMAZ ÇELİK koruyucu borular bir çok tatbikat için yeterlidir.	800°C ye kadar	1.4571	K
CAM	Eritme ve Besleyiciler (Fare hearts and Feeders)	1600°C ye kadar	KER 710 (Saf alümina)	Z

	UYGULAMA	SICAKLIK	MALZEME	ELMKO KODU
CAM SANAYİ (Glass)	Cam tavlama (Lehrs)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		800°C ye kadar	1.4571	K
	Ocak üstü (Open hearth roof)	1600°C ye kadar	KER 530 KER 610 KER 710 Metal Seramik	X Y Z Z
	Tanklar (Tanks)	1600°C ye kadar	KER 710 KER 530 KER 610	Z X Y
	Tank gazları ve tank Tank aynıkları (Tank flues and checkers)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		1200°C ye kadar	1.4762 1.4841 Inconel	L N I
KAĞIT (Papers)		800°C ye kadar	1.4571	K
		1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
PETROL SANAYİ (Petroleum)	Köprü duvarı (Bridge wall)	1200°C ye kadar	1.4762	L
		1250°C ye kadar	Inconel	I
	(Dewaxing)	800°C ye kadar	1.4571	K
	Kuleler (Towers)	1200°C ye kadar	Karbon çeliği	-
		800°C ye kadar	1.4571	K
	Transfer hatları (Transfer lines)	800°C ye kadar	1.4571 Karbon çeliği	- K
	Fonksiyon kolonları (Fractionating column)	800°C ye kadar	1.4571 Karbon çeliği	- K
	Reaksiyon tankları (Reaction chambers)	800°C ye kadar	1.4571 Karbon çeliği	- K
SANTRALLAR (Power Plants)	Kömür Hava karışımı (Coal-air mixtures)	800°C ye kadar	1.4571	K
		1000°C ye kadar	1.4841	N
	Baca gazı (Flue gases)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
	Ön ısıtıcılar (Preheaters)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
	Buhar hattı (Steam lines)	800°C ye kadar	1.4571	K
		100°C ye kadar	1.4841	N
	Su hattı (Water lines)	600°C ye kadar	St 35.8 C-2	D C
	Bovier tüplerinde (Boiler tubes)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
GAZ GENERATÖRLERİ (Gas Producers)	Generatör gazı (Producer gas)	1200°C ye kadar	1.4762	L
	Su gazı (Water gas)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
		1200°C ye kadar	Inconel	I
	Karbüratör (Carburetor)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
		1250°C ye kadar	Inconel	I
	(Super heater)	1200°C ye kadar	1.4762 1.4841	L N
		1250°C ye kadar	Inconel	I
KÜL OCAKLARI (Incinerators)		1200°C ye kadar	1.4762 1.4841 Inconel	L N I
		1200°C nin üzerinde	KER 530 KER 610 KER 710 Silicon-Carbide Refrax	X Y Z S R
YIYECEK (Food)	Ekmeğe-pasta fırınları (Baking ovens)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		800°C ye kadar	1.4571	K
	Şeker (Char kilns-sugar)	600°C ye kadar	St 35.8	D
		800°C ye kadar	1.4571	K
	Meyve-Sebze pişirme (Cooking fruits and vegetables)	800°C ye kadar	1.4571	K
	Süt (Milk)	800°C ye kadar	1.4571	K

Çizelge 4.7. Koruyucu kılıfların kullanılabileceği uygulamalar.

MALZEME CİNSİ	DIN STANDARDI	ÇALIŞMA SICAKLIĞI	ELIMKO KODU	AÇIKLAMA
PK 1.0305 1.4841	St-35.8 X15Cr-NiSi 2520	800 °C 550 °C 1200 °C	— D N	Tav ocakları, potasyum nitrat tuz eriyikleri, kurşun yatak metal eriyikleri, kalay eriyikleri.
1.4742 1.4762 1.4741 1.4772	X10CrAl 18 X10CrAl 24 X10CrSi 18 X10CrSi 29	1050 °C 1200 °C 1050 1200	— L — M	Oksitliyen, kükürt ve karbon gazı ihtiva eden tav veya sertleştirme ocakları. Klor ihtiva eden tuz eriyikleri.
1.4401 1.4404 1.4571	X5CrNiMo1810 X2CrNiMo1810 X10CrNiMoTi1810	800 800 800	— — K	Tuz asidi, kükürt dioksit buharları ve kimyasal buhar tesisleri.
1.4828 1.4841	X15CrNiSi2012 X15CrNiSi2520	600 1200	— N	Azot ve oksijen gazlarını ihtiva eden ocaklar. Amonyaklı nitrasyon ocakları.
1.0305 1.1003 1.4841	St. 35.8 Saf Demir X15CrNiSi2520	550 550 1200	D F N	Siyanür türevli tuz eriyikleri.
SiCr Graphite		1600 1600	S G	Çinko, alüminyum, bakır, prinç gibi eriyikler
KER 530 KER 610	Type 530 Type 610	1600 1500	X Y	Her türlü gaz ortamında
KER 710	Type 710	1600	Z	Her türlü gaz ortamında erimiş cam içerisinde ve seramik sinterleme.
1.0305 1.4828 1.4867	St-35.8 X15CrNiSi2012 X15NiCr 6015	550 600 1200	D — O	Kurşun ve kalay eriyikleri.
SiCr Graphie 1.4762 1.4772	X10CrAl 24 X10CrSi 29	1600 1600 1200 1200	S G L M	Bakır ve çinko eriyikleri Fuel-oil ile ısıtma sistemlerinde.
1.4301 1.4401 1.4571 1.4828	X5CrNi189 X5CrNiMo1810 X10CrNiMoTi1810 X15CrNiSi2012	800 800 800 600	P — K —	Sebze, meyva, petrokimya, boya, buhar hatları.
Teflon		250	—	Azot sanayi, asit tesisleri.

4.1.6. Termokupl mV Değerleri

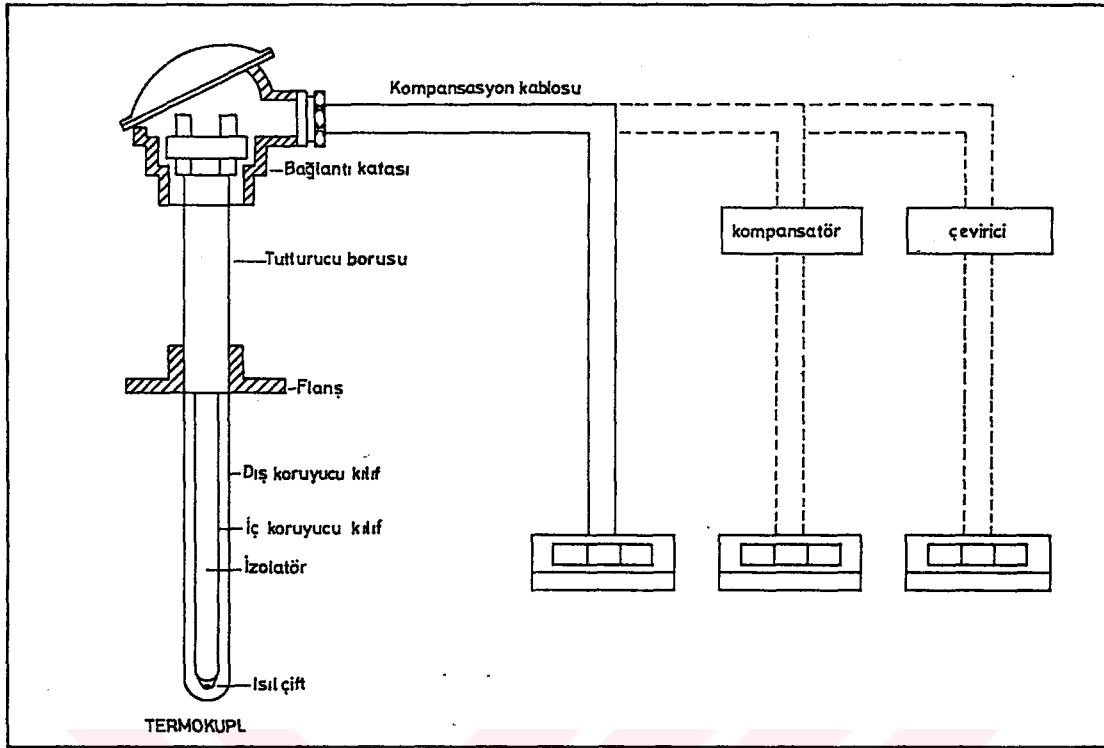
Çeşitli ülkelerde değişik standartlarda üretilen termokupl eleman telleri "Uluslararası Elektronik Komitesi" tarafından 1977 yılından beri sürdürülen çalışmalar sonunda tek standarda döndürülmüştür. Bundan böyle, eleman telleri standardı IEC 584 olarak anılacaktır. Bu bölümde IEC 584 standardında yer alan T, J, E, K, N, S, R, B (Bkz. Çizelge 4.8.) ile halen DIN 43710 standardında kullanılmaya devam edilen L ve U tipi standart eleman teli mV tabloları verilmiştir (Bkz. Ek.8). Türkiye'de kullanımı yaygın olan ve Fe-Const ve Cu-Const olarak bilinen eleman telleri DIN 43710 da L(Fe-Const) ve U(Cu-Const) kodu ile bir süre devam edecektir. Diğer kodlar IEC 584 olarak, daha önceki DIN 43710 ile aynı değerlere sahip olduğu için herhangi bir karışıklık olmayacaktır. Ek 5'de 10'ar derecelik aralıklarla verilen mV değerleri sıcak noktanın sıcaklığı, soğuk nokta sıfır derece olduğu andaki mV değeridir (Elimko, 1991).

Çizelge 4.8. DIN 43710 ve IEC 584 standart kodları.

Termokupl Eleman Cinsi	DIN 43710 Kodu	IEC 584 Kodu
Cu-Const	U	T
Fe-Const	L	J
Cr-Al	K	K
NiCr-Ni	K	K
Cr-Const	E	E
Nikrosil-Nisil	N	N
Pt%10Rh-Pt	S	S
Pt%13Rh-Pt	R	R
Pt%18Rh-Pt	B	B
Tn-Tn%26Re	W	W

4.1.7. Komple Termokupl Seti

Termokupl'lar dış koruyucu kılıf, bağlantı parçaları, eleman telleri, izolatörler, gaz geçirmez ikinci boruları, klemens, bağlantı kafası, tutturucu borusu ve çeşitli aksesuarları ile bir bütündür. Şekil 4.7'de bir termokupl tüm parçaları ile bir set halinde verilmiştir (Elimko, 1991).



Şekil 4.7. Komple termokupl seti.

4.2. Ölçüm (Instrumentation) Kuvvetlendiricisi

Termokuplun normalde (sadece termokupl çıkışı olarak) çıkışındaki gerilim 0-50 mV arasında değişmektedir (Bkz. Ek.7). Yaklaşık olarak her 1°C 'da 39-40-41 μV arasında gerilim artımına sebep olur. Bu gerilim seviyelerinin ise ADC tarafından değerlendirilmesi çok zordur. Bu nedenle gerilim seviyesinin 5 volt'a çıkarılması zorunludur (Bu tezde ADC'nin max ve min analog giriş seviyeleri 0-5 volt olduğu için sinyalin 0-5 V arasına çıkarılması zorunlu hale gelmiştir). Bu işlevi yerine getirebilmek için bir ara devre yükselticisinin tasarımı yapılmıştır (Bkz. Şekil 4.8.). Bundan dolayı düşük seviye sinyallerini büyütme için daha hassas olan Enstrumantasyon kuvvetlendiricisi kullanılmıştır.

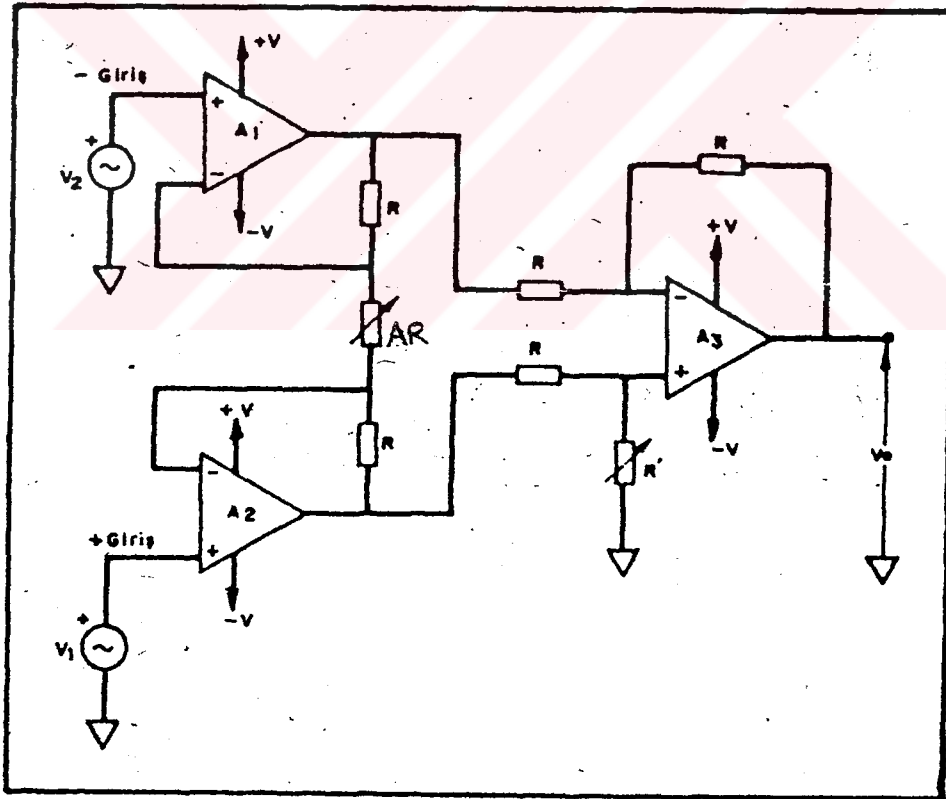
Enstrumantasyon kuvvetlendiricisi günümüzde en çok kullanılan hassas ve çok amaçlı bir entegredir. Şekil 4.8'de gösterildiği gibi üç opamp ve yedi dirençten oluşan böyle bir Enstrumantasyon kuvvetlendiricisinin tasarımı yapılmıştır. A1 ve A2 izolasyon/kazanç kuvvetlendiricileri olup, A3 ise kazancı değişen bir fark kuvvetlendiricisidir. R' direnci ile çıkıştaki ortak mod gerilimi

sıfırlanır. AR ile de kazanç ayarı yapılmaktadır.Şekil 4.8'deki devrenin kazancı,

$$\frac{V_0}{V_1 - V_2} = 1 + \frac{2}{A}$$

olarak çıkarılmaktadır($A=AR/R'$). Buradan görüldüğü gibi $V_1(+)$ girişe V_2' 'de $(-)$ girişe uygulandığından çıkış gerilimi giriş geriliminin farkı ile orantılıdır. Ölçü kuvvetlendiricisinin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. V_1-V_2 diferansiyel girişi ile topraklı çıkış arasındaki gerilim kazancı tek bir dirençle ayarlanır.
2. Giriş direnci çok büyük olup kazancın değişimi ile değişmez.
3. Çıkış gerilimi ortak mod gerilimine bağlı olmayıp yalnız V_1-V_2 gerilim farkına bağlıdır.



Şekil 4.8. Sıcaklık Kartı.

4.3.Sıcaklık Ölçüm Uygulaması

Gerçekleştirilen HPC kartının bir uygulaması olarak, fırın sıcaklık ölçümü deneyi yapılmıştır. Termokupl olarak Fe-Const (Demir-

Konstant) seçilmiştir (Çizelge 4.1.). Genel olarak demir-konstant termokuplun hassas olduğu sıcaklık aralığı -200 ile -800 dereceler arası olmakla beraber termokuplu oluşturmakta kullanılan tel çaplarının da sıcaklık ölçüm aralığı üzerinde büyük etkisi vardır. Tel çapları büyüdükçe hassas sıcaklık bölgesi genişlemekte; tel çapı küçüldükçe de hassas sıcaklık bölgesi daralmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada 0.5 mm'lik çaplı teller kullanılmıştır. Fe-Const termokupl tel çapının 0.5 mm seçilmesi durumunda ölçülebilen maksimum sıcaklık 600 C ve ölçülebilen sürekli sıcaklık değeri de 400 C olmaktadır. Tel çapı seçimi Çizelge 4.3. yardımıyla yapılmıştır. Tel çapı 3 mm olarak seçildiğinde ölçülebilen maksimum sıcaklık değeri 900 C'ye kadar çıkabilmektedir. Sıcaklığı ölçülecek ortamın özelliklerine göre termokupl eleman cinsleri ve tel çapları uygun bir şekilde seçilmelidir. Bu sayede her türlü ortam sıcaklığı kolaylıkla ölçülebilmektedir (Çizelge 4.3.). Gerçekleştirilen uygulama için gerekli olan ölçüm cihazları ve düzenekleri TÜGSAŞ Kütahya Azot Fabrikasından temin edilmiştir. Ayrıca, İşletmenin laboratuvar imkanlarından da maksimum şekilde istifade edilmiştir.

Termokupl tellerinin kullanılan kılıf içinde birbirine değmesini önlemek maksadıyla izalatörler kullanılmıştır(Şekil 4.6.).

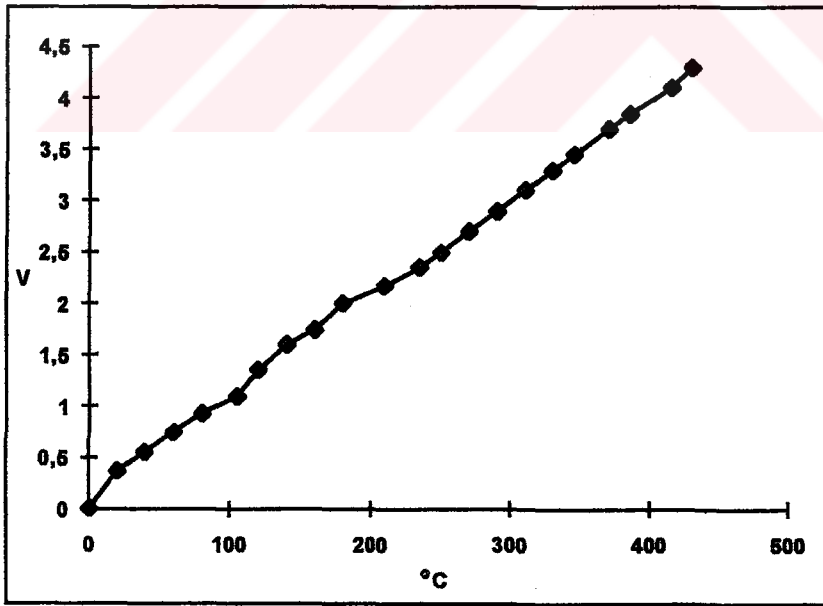
Termokupl tarafından elde edilen mV değerlerinin panoya kadar kayıpsız olarak ulaştırılabilmesi için kompanzasyon kabloları kullanılmıştır. Kompanzasyon kablolarının tesbit edilmesi de üzerlerindeki renkler vasıtasıyla yapılabilmektedir. Çizelge 4.2. kullanılarak, Fe-Const için kırmızı-mavi renkli kompanzasyon kabloları kullanılmıştır.

TÜGSAŞ tesislerinden temin edilen Fe-Const termokupl için analog gösterge cihazı ile ölçüm değerleri okunmuştur. Analog gösterge cihazının bulunduğu pano ile ölçüm yapılan bölge arasındaki uzaklık sebebiyle meydana gelebilecek gürültü ve bozucu etkileri yok etmek için 120 ohm'luk hat direnci kullanılmıştır. Bu potansiyometre ayarlanarak hassas bir okuma yapılabilmektedir. Analog gösterge cihazı, demir-konstant termokupl için ölçülen mV değerine karşılık gelen sıcaklık (derece cinsinden) değerlerini göstermektedir.

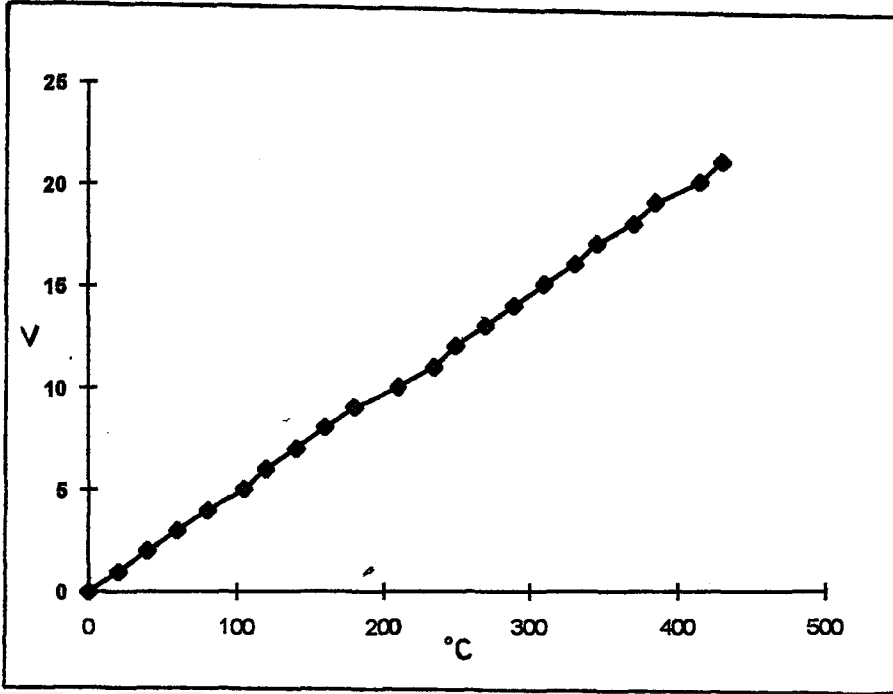
Hazırlanan düzenekte termokupldan gelen hattın bir ucu da analog ölçüm cihazına paralel olarak bağlanan yükseltici devresinden

geçirilmiştir. Bu sayede mV değerleri, 0-5 Volt seviyelerine yükseltilerek HPC kartında bulunan ADC'nin kullanabileceği hale dönüştürülmüştür. Yükseltici devre olarak bir enstrumantasyon kuvvetlendirici devre yapısı kullanılmıştır. Enstrumantasyon kuvvetlendiricisi, işlemsel kuvvetlendiricilere göre daha gürültüsüz ve hassas sonuçlar verdiği için tercih edilmiştir.

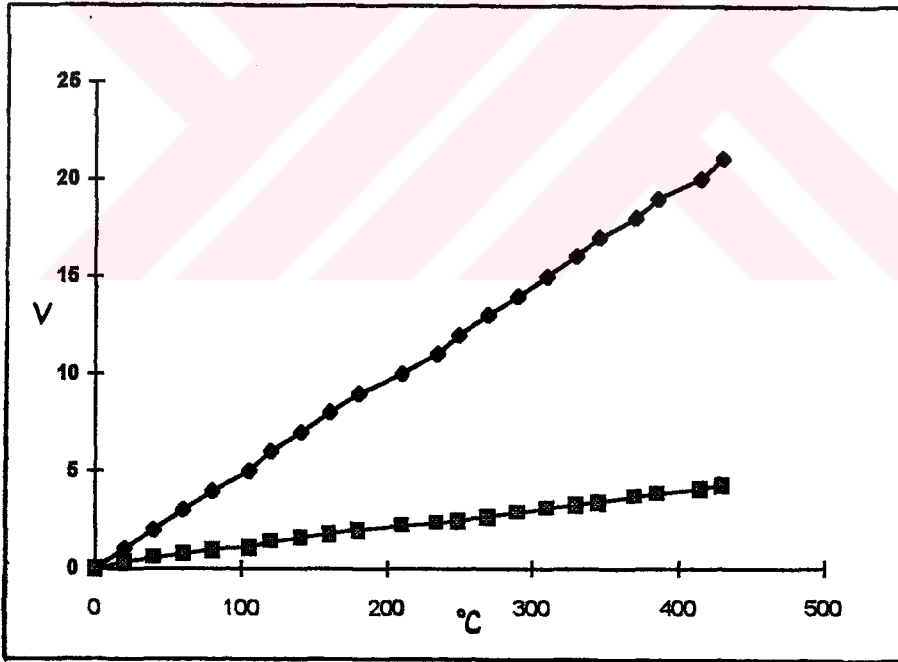
Ölçümler esnasında elde edilen sonuçlar Şekil 4.9'da çizilmiştir. Bu grafiklerden ilki, termokupl çıkışı ile enstrumantasyon kuvvetlendiricisinin çıkışı arasındaki ilişkiyi (Şekil 4.9(a)); ikincisi de, termokupl çıkışı ile HPC kartı üzerinden okunan değer arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Şekil 4.9(b)). Bu grafiklerin birleştirilmesi sonucunda elde edilen grafikten görüleceği üzere lineer bölgede (iki grafik sonuçlarının çakıştığı bölge) sıcaklığın sürekli olarak ölçülmesi için uygun olduğu tesbit edilmiştir (Şekil 4.9(c)).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.9(a) Fe-Const Termokupl İçin Enstrumantasyon Çıkışı İle Okunan Sıcaklık Arasındaki İlişki.

(b) Termokupl Çıkışı İle HPC Kartı Üzerinden Okunan Değer Arasındaki İlişki.

(c) Grafik 1 ve Grafik 2'nin birleştirilmesi.

5. YAZILIM

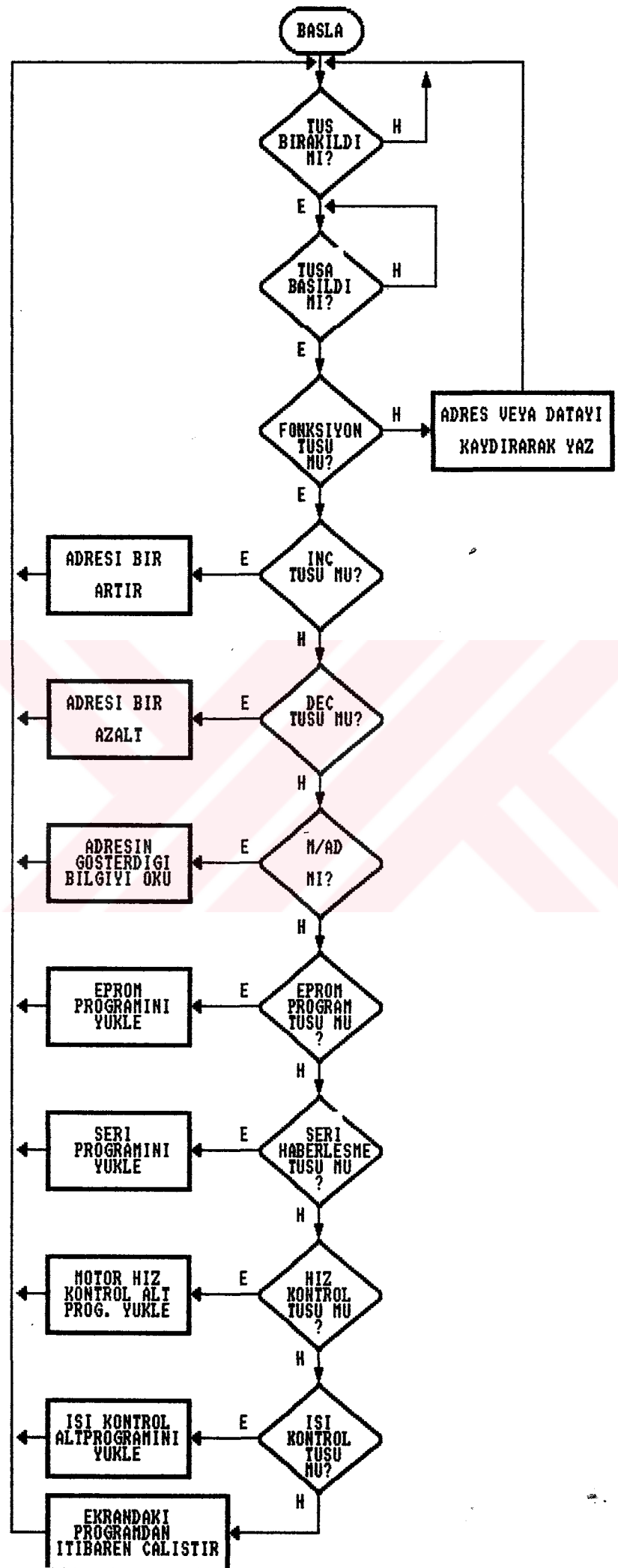
5.1. Sistem Yazılımı

Mikrokontrolörün çalışması devreye enerji verilmesiyle başlar. Çalıştırılacak programın başlama adresi FFFFH-FFFFEH adreslerinden program sayıcıya (program counter) otomatik olarak yüklenir ve sistem programı buradan itibaren mikrokontrolör tarafından çalıştırılmaya başlanır. İlk olarak Şekil 5.1'de gösterilen akış diyagramına göre klavye kontrol edilir ve herhangi bir tuşa basılıp basılmadığı denetlenir. Basılı tuş var ise tuşun bırakılması beklenir ve tekrar tuş tarama işlemi gerçekleştirilir. Herhangi bir tuşa basılmış ise tuş tanıma alt programı işlemine geçilir. Okunan tuşun fonksiyon tuşu olup olmadığına bakılır. Fonksiyon tuşu değilse, M/AD tuşunun konumuna göre displaydeki adres veya bu adresin içerisindeki data değişecektir. M/AD, 0 ise adres değişecektir; 0000H-FFFFH arası adres sayı tuşlarından girilir ve girilen yeni adresler displayde sola doğru kaydırılarak yerleştirilir. M/AD, 1 ise adresin içeriği değiştirilecektir. Displayde görüntülenen adres ve datanın son şekli hafızaya da aynen yazılır. Basılan tuş fonksiyon tuşu ise sırasıyla hangi fonksiyon tuşu olduğuna bakılır. Şayet basılan tuş "INC" tuşu ise display'deki adres bir artırılır, "DEC" tuşu ise bir azaltılır. M/A tuşuna basılmış ise konum değiştirilir; displayde sadece adres gösteriliyorsa bu tuşa basılması sonucunda hem adres ve hem de içerik görüntülenir ve içerik değiştirilebilir.

Fonksiyon tuşlarından EPROM programlama tuşuna basılmış ise yüksek programlama alt programı, seri haberleşme tuşuna basılmış ise seri haberleşme alt programı, sıcaklık kontrol tuşuna basılmış ise ilgili alt programlar çalıştırılır. Boşta bırakılan tuşa ise motor hız kontrol alt programı yazılıp çalıştırılabilir.

5.2. Seri Haberleşme Alt Programı

Seri haberleşme alt programı, PC'den seri port aracılığı ile asenkron modda haberleşmeyi sağlamaktadır. PC'deki PASCAL programı yardımıyla oluşturulan editörden gönderilen bilgiler mikrokontrolör tarafında UART bölümünden alınmaktadır. Editör programı, HPC'nin makina dilinde derlenmiş kodlarını göndermektedir. Seri haberleşmede, ilk olarak senkron iki karakter gönderilmektedir (43H,43H) ve bu



karakterler mikrokontrolör tarafından alındıktan sonra gelen bilgiler hafızaya yazılmaktadır. İlk gelen bilgi, EPROM programlayıcı için başlangıç adresi ile EPROM'a yerleştirme adresi ve bilginin uzunluğudur. Bu datalar alındıktan sonra çalıştırılacak veya kaydedilecek programın alınma işlemi başlar. Kaynak programın alınma işlemi bitince ana programa geri dönülür.

5.3. Sıcaklık Ölçüm Alt Programı

Bu kontrol programında donanım olarak ADC kullanılmıştır. Termokupldan milivolt düzeyinden alınıp yükseltilecek gerilim ADC'nin birinci kanalından okunmaktadır. En küçük gerilim 0 Volt, en büyük gerilim 5 Volt ve ADC'de 8 bit olduğundan, en küçük ve en büyük değerler arası 256 kademeye bölünür. Termokupl yükseltilmiş gerilimi 3 Volt iken sıcaklık 300C dir. Termokuplun 200C ile 450C arası lineer olduğu kabul edilerek ADC'den okunan bilgi 2 ile çarpılıp displaye gönderilmiştir. Displayde okunan değer, doğrudan ölçülen sıcaklık değeri olmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde 16 bitlik HPC kartının tasarımı, ikinci bölümde ise yüksek ısıllı sanayi tipi fırınların sıcaklık ölçüm uygulaması yapılmıştır.

Tasarım, HPC46003 elemanı kullanılarak oluşturulmuştur. Bilindiği üzere HPC 8 veya 16 bit olmak üzere iki modda çalışabilmektedir. Sistemde kullanılan HPC,16 bit modda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece, 16 bit modda tasarlanan sistemim daha önce gerçekleştirilmiş olan 8 bit moda olan üstünlükleri ve yüksek performansa sahip olduğu görülmüştür.

ROM bölgesi chip üzerinde bulunduğundan HPC, etkili bir komut kümesine sahiptir. HPC komut çevrimi; 20 Mhz'de 200 ns, 30 Mhz'de 134 ns ve 40 Mhz'de 50ns hızında olmaktadır. Bununla birlikte, 16 bitlik HPC çarpma veya bölme işlemi 4 μ s'den az sürmektedir. HPC kontrolcüsünün yerine getirdiği fonksiyonları diğer mevcut 16 bitlik mikroişlemcilerle yerine getirmek için iki kat fazla hafıza bölgesine ihtiyaç duyulmaktadır.HPC, hafıza bölgesini kullandığı ölçüde güç harcamaktadır. 20 Mhz'de sadece 47 mA akım çekmektedir. Bu değer, clock oranları azaldıkça düşmektedir.

Gerçekleştirilen sistem genel amaçlı bir ölçme ve kontrol sistemi olarak kullanılabilir. Bunun için iyi bir dönüştürücünün arzu edilen ihtiyaca göre tasarlanarak ADC girişine bağlanması gerekmektedir. Sistemde dönüştürücü olarak termokupl kullanılmıştır. Termokupl'dan mV mertebelerinde alınan sinyaller, bir sıcaklık kartıyla yükseltilerek 0-5V arasındaki değerlere ulaştırılmıştır. 8 bit ADC 0808 tarafından 256'ya bölünerek her bir bit yaklaşık 19.2 mV olacak şekilde örneklenmektedir. 8 analog girişi olan ADC0808 entegresi 500 Khz'de çalışmaktadır.

Sıcaklık ölçüm veya kontrol sisteminin duyarlılığı $\pm 4^{\circ}\text{C}$ olarak değişmektedir. Daha duyarlı bir sistem oluşturmak için yüksek bitli ADC'lere ihtiyaç vardır. Ayrıca, daha hassas bir kontrol yapabilmek için termokupl'lar fırın içerisinde seri olarak bağlanmalıdır. Seri bağlamada termokupl sayısı arttıkça hassasiyet de o oranda artacaktır.

Tasarlanan 16 bitlik HPC kartı yazılım destekli olarak çalışmaktadır. Bu nedenle istenilen her türlü uygulamada çalışabilecek niteliklere haizdir.

16 bitlik HPC kartı üzerinde bulunan iki adet 8255 48 giriş/çıkışa ve iki adet 8155 de 44 giriş/çıkışa sahiptir. Ayrıca 8 adet ilave çıkışla birlikte kartın 100 çıkışı ve 92 girişi bulunmaktadır. Bu kadar çok giriş/çıkış sayesinde bir seranın gerekli bütün sıcaklık ayarlamalarını yapabilecek kapasitededir. Bununla birlikte termokupl'dan belli aralıklarla alınan sıcaklık değerleri yazılımda yapılacak düzenlemeler ile yazıcıya gönderilebilecektir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bellini A., Figalli G. and Ulivi G., 1985, A High Performance Microcomputer Based Control Circuit For Variable Frequency Inverters, IEEE Trans. on Ind. Elncs., Vol.IE-32,No.1, pp.62-70.
- Brey B.B., 1984, Microprocessor / Hardware Interfacing And Aplication, Charles E. Merrill Publishing Company.
- Bugan R., 1990, Mikroişlemci Yardımıyla Sıcaklık Kontrolü, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi.
- Elimko, Termocupllar, bölüm 4.
- Embedded Controllers Databook, 1992, HPC Family, National Semiconductor, 4-1/4-194 p.
- Embedded Controllers Databook, 1992, HPC Applications, National Semiconductor, 5-1/5-422 p.
- Embedded Controllers Databook, 1992, Microwire and Microwire Plus Peripherals, National Semiconductor, 6-1/6-14 p.
- Gaonkar R.S., 1989, Microprocessor Architecture, Programming, and Applications with the 8085/8085A, Second Edition, Macmillian Printing Company.
- Greenfield J.D., 1985, Microprocessors Handbook, John Wiley and Sons Inc.
- HPC 16083/16043/16003 User's Manual, 1987, National Semiconductor.
- HITACHI Data Book, 1986, IC Memory Product.
- Kortürek M., 1988, Tıp Elektronikinde Kullanılan Kuvvetlendiriciler ve Dönüştürücüler, s.83-87.

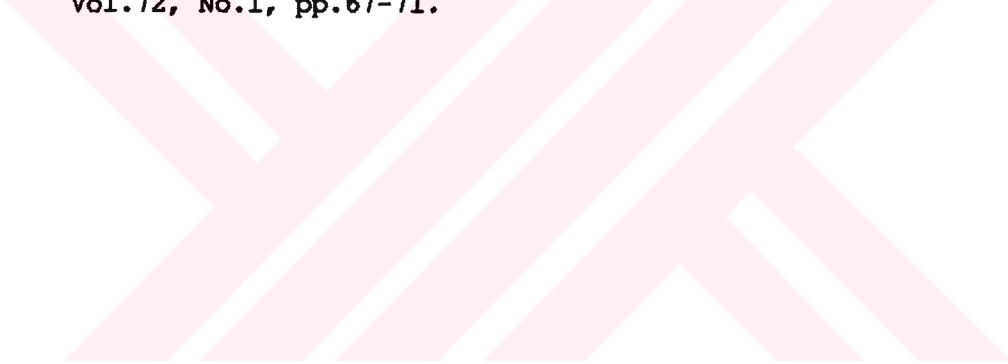
KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Microcontrollers Databook, 1988, National Semiconductor, section 4-5-6.

Uffenbeck J., 1985, Microcomputers and Microprocessors, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Ünal G, 1993, HPC Kontrolü ile Manyetik Alan Ölçümü, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Wang S. and Bowron P., 1992, Microcontroller Implementation Of Digital Filters Based on Distributed Arithmetic, INT.J. Electronics, Vol.72, No.1, pp.67-71.



```

ST:      .SECT A,ROMB,ABS=0F000
STACKTOP = H'01D0:W
DIGBUF   = H'0000:W
HEXBUF   = H'0008:W
MAFLAG   = H'000D:B
MADR     = H'000E:W
MADRL    = H'000E:W
MADRH    = H'000F:B
KEYCOUNT = H'0010:B
PROCMOD  = H'0011:B
MESSTART = H'0012:W
CURRENTCR = H'0014:B
TLOW     = H'0016:W
THIGH    = H'0017:B
MLOW     = H'0018:W
MHIGH    = H'0019:B
NLOW     = H'001A:W
ALOW     = H'00CB:W
AHIGH    = H'00C9:B
XLOW     = H'00CE:W
XHIGH    = H'00CD:B
PSW      = H'00C0:B
CONTROLREG = H'1400:B
PORTA    = H'1401:B
PORTB    = H'1402:B
PORTC    = H'1403:B
TIMERL   = H'1404:B
TIMERH   = H'1405:B
;.....
      .=0F000
      LD PSW,#H'10
      LD SP.W,#STACKTOP
      LD CONTROLREG.B,#H'0E
      LD MAFLAG.B,#H'01
      LD MESSTART.W,#DIGBUF
      LD CURRENTCR.B,#H'00
      LD MADR.W,#H'00
      LD HEXBUF.W,#H'00
      LD PROCMOD.B,#H'01
      JSR CONV7SEG
      LD DIGBUF+4.W,#H'00
      LD DIGBUF+6.W,#H'00
;.....
MAINLOOP: LD NLOW.W,#H'0100
          JSR DELAYX
          JSR KEYSTATUS
          IFEQ PROCMOD.B,#H'00
          JSR KEYPROC
          JSR PRINTDIG
          JMP MAINLOOP
;.....
DELAYX:  DECSZ NLOW.W
          JMP DELAYX
          RET
;.....
ADDAHL:  AND A.W,#H'00FF
          ADD A.W,X.W
          LD X.W,A.W
          RET
;.....

```

```

PRINTDIG:      LD X.W,MESSTART.W
                LD ALOW.B,CURRENTCR.B
                JSR ADDAHL
                LD A.W,[X].W
                LD PORTB.B,ALOW.B
                LD ALOW.B,CURRENTCR.B
                SHL A
                SHL A
                SHL A
                LD PORTC.B,ALOW.B
                INC CURRENTCR.B
                IFEQ CURRENTCR.B,#H'06
                LD CURRENTCR.B,#H'00
                RET

KEYPROC:      ; .....
                LD TLOW.B,A.B
                IFGT A.B,#H'0F
                JMP FUNKEY
                LD TLOW.B,ALOW.B
                IFEQ MAFLAG.B,#H'01
                JMP ROLA4
                LD X.W,MADR.W
                LD A.W,[X].B
                SHL A
                SHL A
                SHL A
                SHL A
                OR ALOW.W,TLOW.B
                LD [X].B,ALOW.B

MEMMOD:      ; .....
                LD X.W,MADR.W
                PUSH A
                LD A.W,[X].B
                LD HEXBUF+2.B,ALOW.B
                POP A
                LD HEXBUF.B,MADRH.B
                LD HEXBUF+1.B,MADRL.B
                JSR CONV7SEG
                OR DIGBUF+3.B,#H'80
                RET

ROLA4:      ; .....
                LD A.W,MADR.W
                SHL A
                SHL A
                SHL A
                SHL A
                OR ALOW.B,TLOW.B
                LD MADR.W,A.W

ADDRMOD:      ; .....
                LD HEXBUF.B,MADRH.B
                LD HEXBUF+1.B,MADRL.B
                JSR CONV7SEG
                LD DIGBUF+4.W,#H'00
                LD DIGBUF+6.W,#H'00
                RET

FUNKEY:      ; .....
                IFGT TLOW.B,#H'10
                JMP FUNC1
                AND MAFLAG.B,#H'1
                XOR MAFLAG.B,#H'1
                IFEQ MAFLAG.B,#H'0

```



```

        JMP MEMMOD
        JMP ADDRMOD
;.....

FUNC1:   IFGT TLOW.B,#H'11
         JMP FUNC2
         INC MADR.W
         IFEQ MAFLAG.B,#H'0
         JMP MEMMOD
         JMP ADDRMOD
;.....

FUNC2:   IFGT TLOW.B,#H'12
         JMP FUNC3
         DECSZ MADR.W
         NOP
         IFEQ MAFLAG.B,#H'0
         JMP MEMMOD
         JMP ADDRMOD
;.....

FUNC3:   IFGT TLOW.B,#H'13
         JMP FUNC4
         POP A
         LD A.W,MADR.W
         PUSH A
         RET
;.....

FUNC4:   IFGT TLOW.B,#H'14
         JMP FUNC5
         POP A
         LD A.W,MADR.W
         PUSH A
         RET
;.....

FUNC5:   IFGT TLOW.B,#H'15
         JMP FUNC6
         POP A
         LD A.W,MADR.W
         PUSH A
         RET
;.....

FUNC6:   IFGT TLOW.B,#H'16
         JMP FUNC7
         POP A
         LD A.W,MADR.W
         PUSH A
         RET
;.....

FUNC7:   IFGT TLOW.B,#H'17
         JMP FUNC8
         POP A
         LD A.W,MADR.W
         PUSH A
;.....

FUNC8:   RET
;.....

KEYSTATUS: LD PORTB.B,#H'00
           LD PORTC.B,#H'00
           LD A.W,PORTA.B
           IFEQ ALOW.B,#H'FF
           JMP L1
           JMP KEYWAIT

```

```

L1:          LD KEYCOUNT.B,#H'00
             LD PROCMOD.B,#H'01
             RET

KEYWAIT:    ; .....
             LD A.W,KEYCOUNT.B
             IFEQ ALOW.B,#H'25
             JMP L2
             JMP KEYW1

L2:          INC A.B
             LD PROCMOD.B,#H'01
             RET

KEYW1:      ; .....
             INC A.B
             LD KEYCOUNT.B,ALOW.B
             IFEQ ALOW.B,#H'25
             JMP FINDKEY
             RET

FINDKEY:    ; .....
             LD PORTB.B,#H'00
             LD PORTC.B,#H'00
             LD A.W,PORTA.B
             LD TLOW.B,A.B
             LD THIGH.B,#H'07
             LD A.W,#H'0FEFE

FINDLP:    ; .....
             IFEQ AHIGH.B,TLOW.B
             JMP FINDCOL
             SHL A.W
             DECSZ THIGH.B
             JMP FINDLP

FINDCOL:    ; .....
             LD PORTC.B,#H'1C
             LD A.W,PORTA.B
             LD TLOW.B,#H'00
             IFEQ ALOW.B,#H'FF
             JMP L3
             JMP ROWFOUND

L3:          ; .....
             LD TLOW.B,#H'08
             LD PORTC.B,#H'2C
             LD A.W,PORTA.B
             IFEQ ALOW.B,#H'FF
             JMP L4
             JMP ROWFOUND

L4:          ; .....
             LD TLOW.B,#H'10
             LD PORTC.B,#H'34
             LD A.W,PORTA.B
             IFEQ ALOW.B,#H'FF
             JMP L5
             JMP ROWFOUND

L5:          ; .....
             LD TLOW.B,#H'18

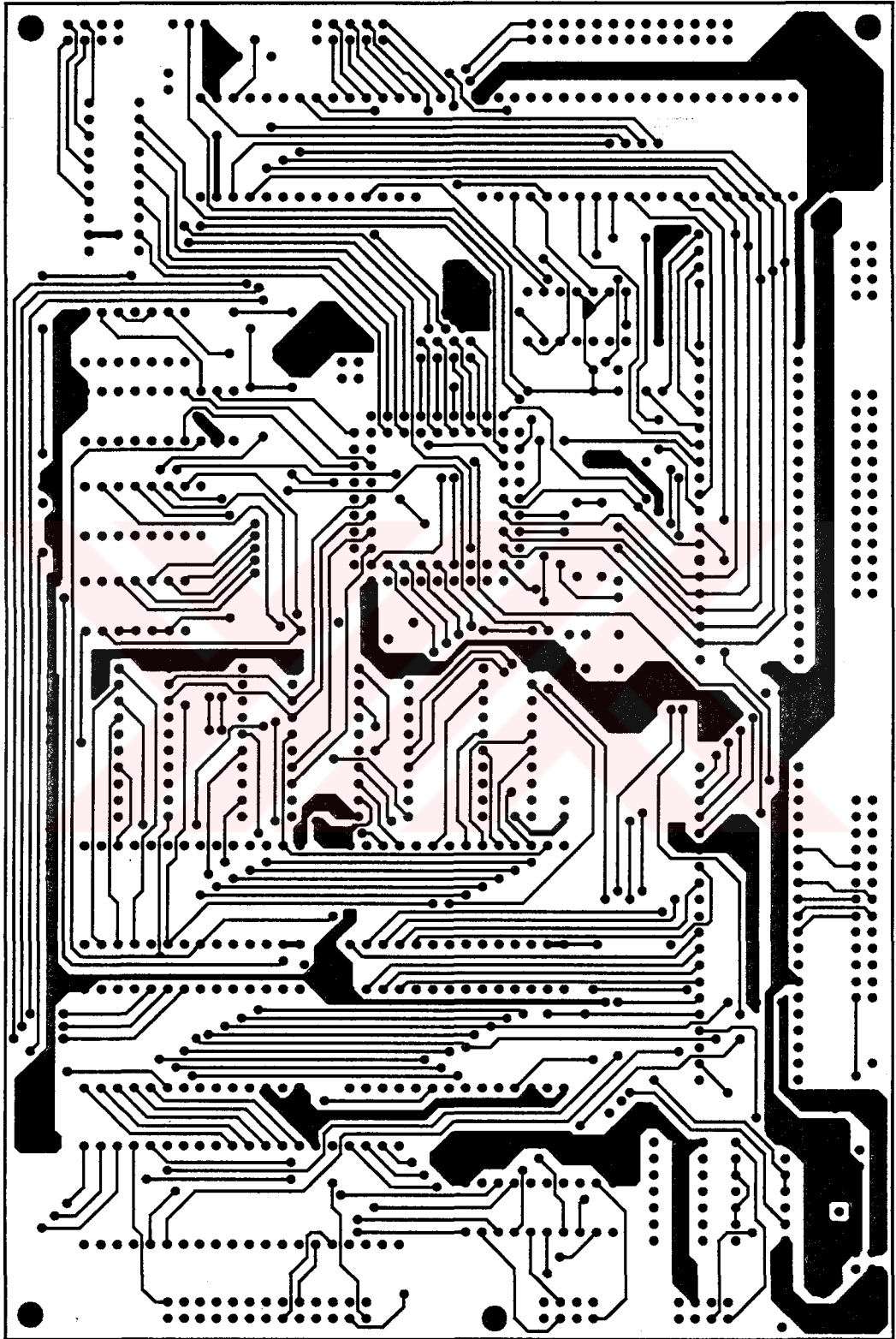
ROWFOUND:   ; .....
             LD A.W,TLOW.B
             ADD A.W,THIGH.B
             LD X.W,#KEYTABLE
             JSR ADDAHL
             LD A.W,[X].B
             LD PROCMOD.B,#H'00
             RET

```

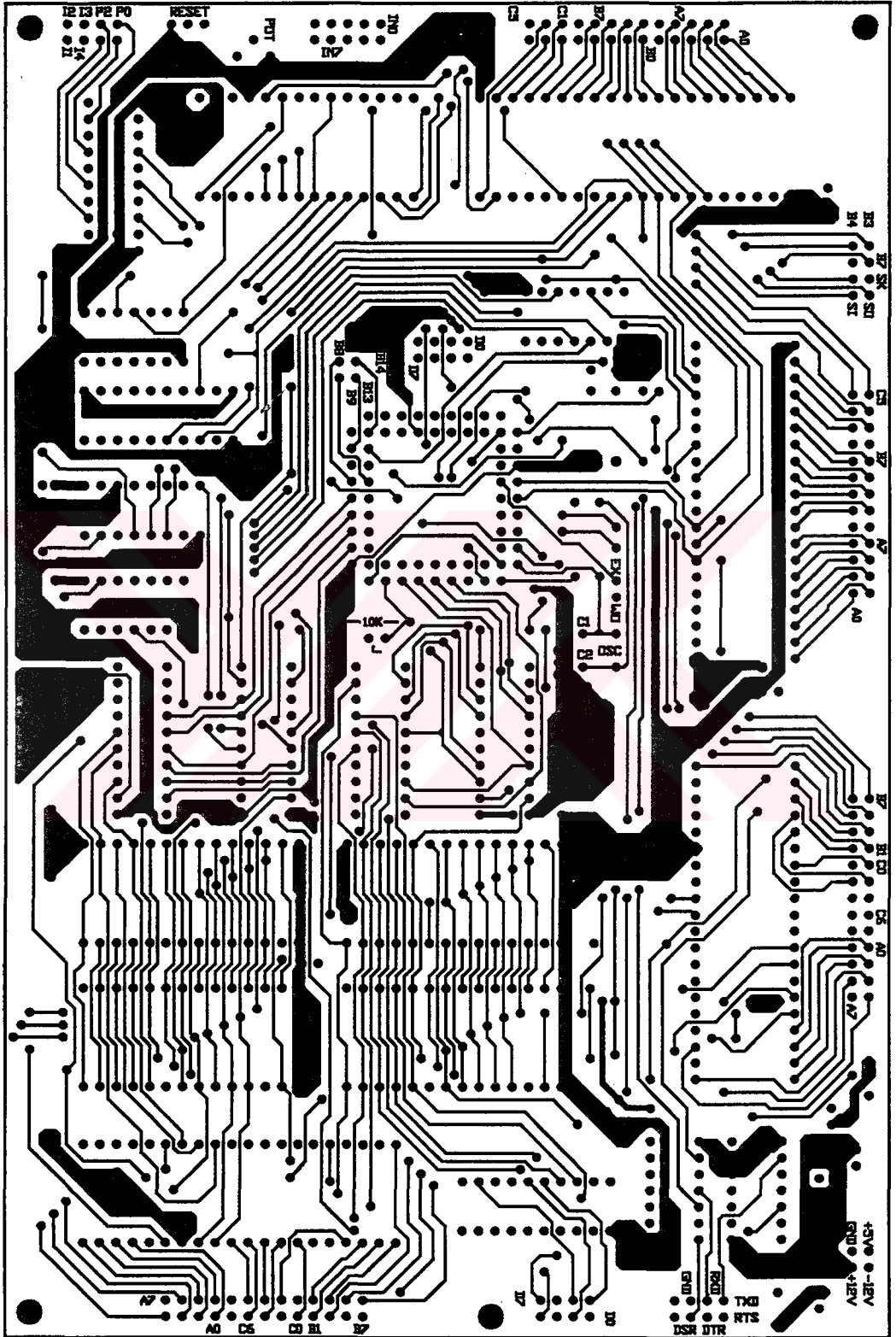
```

;.....
KEYTABLE:      .BYTE X'14,X'15,X'08,X'06,X'04,X'02,X'00,X'0A
                .BYTE X'0F,X'17,X'09,X'07,X'05,X'03,X'01,X'16
                .BYTE X'FF,X'FF,X'FF,X'0E,X'0B,X'12,X'FF,X'13
                .BYTE X'FF,X'FF,X'10,X'0D,X'0C,X'FF,X'11,X'FF
;.....
CONV7SEG:     LD B.W,#HEXBUF
                LD X.W,#DIGBUF
                LD THIGH.B,#H'04
;.....
CNVLOOP:      PUSH X
                LD A.W,[B].W
                AND ALOW.B,#H'0F0
                SHR A
                SHR A
                SHR A
                SHR A
                LD X.W,#SEGMTABLE
                JSR ADDAHL
                LD A.W,[X].W
                LD TLOW.B,ALOW.B
                LD A.W,[B].W
                AND A.B,#H'0F
                LD X.W,#SEGMTABLE
                JSR ADDAHL
                LD A.W,[X].W
                POP X
                LD MLOW.B,ALOW.B
                LD ALOW.B,TLOW.B
                LD [X].W,ALOW.W
                INC X.W
                LD ALOW.W,MLOW.B
                LD [X].W,ALOW.B
                INC X
                INC B
                DECSZ THIGH.B
                JMP CNVLOOP
                RET
;.....
SEGMTABLE:    .BYTE X'3F,X'06,X'5B,X'4F,X'66,X'6D,X'7D,X'07
                .BYTE X'7F,X'6F,X'77,X'7C,X'39,X'5E,X'79,X'71
                .ENDSECT
                .END ST
                .END

```

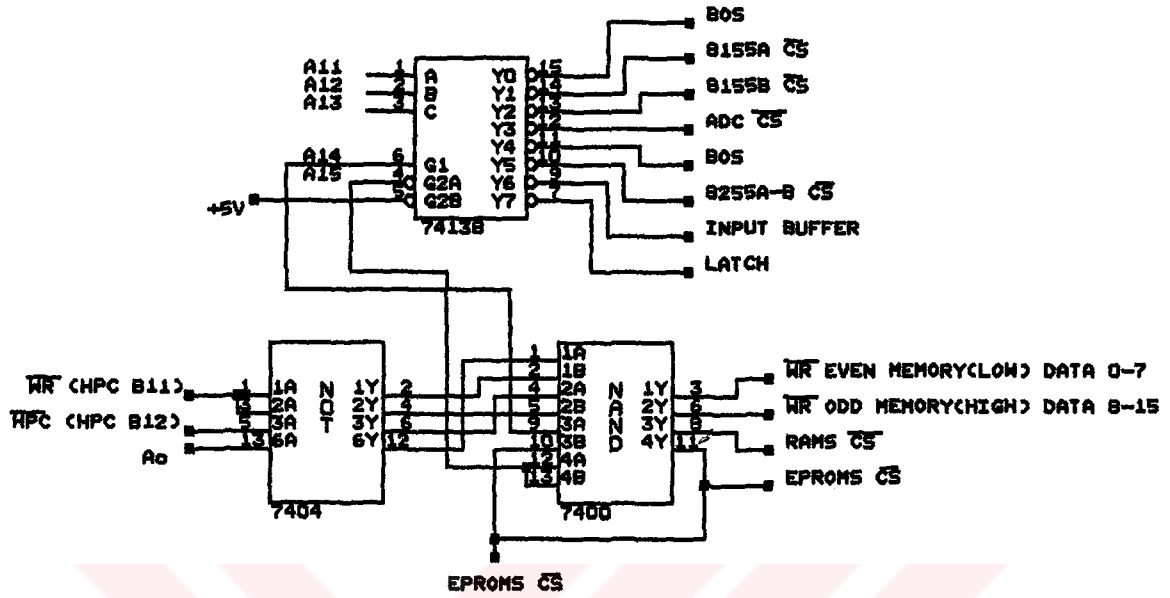


HPC Bottom Layer



HPC Top Layer

MEMORY MAP



0000 - 07FF	B05	
0800 - 0FFF	8155A	
1000 - 17FF	8155B	
1800 - 1FFF	ADC	
2000 - 27FF	B05	
2800 - 2FFF	8255A-B	
3000 - 37FF	INPUT BUFFER	
3800 - 3FFF	OUTPUT LATCH	
4000 - 7FFF	RAM	16KB RAM
8000 - FFFF	ROM	32KB EPROM

HPC INSTRUCTION SET and EXPLANATION

INSTRUCTION	EXPLANATION
ADC	Add with Carry
ADD	Add
ADDS	Add Short Immediate
AND	Logical AND
CLR A	Clear Accumulator
COMP A	Complement Accumulator
DADC	Decimal Add with Carry
DEC A	Decrement Accumulator
DECSZ	Decrement and Skip if Zero
DIV	Divide
DIVD	Divide Double Word
DSUBC	Decimal Subtract with Carry
IFBIT	Test Bit
IFC	If Carry
IFEQ	If Equal
IFGT	If Greater Than
IFNC	If Not Carry
INC	Increment
INC A	Increment Accumulator
JID	Jump Indirect (Byte)
JID W	Jump Indirect (Word)
JMP	Jump Relative
JMPL	Jump Relative Long
JP	Jump Relative Short
JSR	Jump to Subroutine
JSRL	Jump to Subroutine Long
JSRP	Jump to Subroutine from Table
LD	Load
LDS	Load A, with Auto-Increment / Decrement and Conditional Skip
MULT	Multiply
NOP	No Operation
OR	Logical Or
POP	Pop from the Stack
PUSH	Push on to the Stack
RBIT	Reset Bit
RC	Reset Carry
RET	Return from Subroutine
RETI	Return from Interrupt
RETSK	Return from Subroutine and Skip
RLC A	Rotate Accumulator Left Through Carry
RRC A	Rotate Accumulator Right Through Carry
SBIT	Set Bit
SC	Set Carry
SHL A	Shift Accumulator Left
SHR A	Shift Accumulator Right
ST	Store Accumulator
SUBC	Subtract with Carry
SWAP A	Swap Nibbles of Accumulator
X	Exchange with Accumulator
XOR	Exclusive Or
XS	Exchange with A, with Auto-Increm./ Decre. and Conditional Skip

TERMOKUPL MV DEĞERLERİ

Dünya ülkelerinde çeşitli standartlarda üretilen termokupl eleman telleri "Uluslararası Elektronik Komitesi" tarafından 1977 yılından beri sürdürülen çalışmalar sonunda tek standarda döndürülmüştür. Bundan böyle eleman telleri standardı IEC 584 olarak anılacaktır. Bu bölümde IEC 584-standardında yer alan T, J, E, K, N, S, R, B ile ha-

len DIN 43710 standardında kullanılmaya devam edilen L ve U tipi standart eleman teli mV tabloları verilmiştir. Türkiye'de kullanımı yaygın olan ve herkesin Fe-Const ve Cu-Const olarak bildiği eleman telleri DIN 43710 da L (Fe-Const) ve U (Cu-Const) kodu ile bir süre devam edecektir. Diğer kodlar IEC 584 olarak, daha önceki DIN 43710 ile aynı değerlere sahip olduğu için herhangi bir karışıklık olmayacaktır. Tablolarda 10'ar derecelik aralıklarla verilen mV değerleri sıcak noktanın sıcaklığı, soğuk nokta sıfır derece olduğu andaki mVdeğeridir.

Aşağıda DIN 43710-ve IEC 584 standart kodları ve Elimko karşılığı kodlar verilmektedir.

Termokupl Eleman Cinsi	DIN 43710 Kodu	ELİMKO KODU	IEC 584 KODU	ELİMKO KODU
Cu-Const	U	C	T	T
Fe-Const	L	F	J	J
Cr-Al	K	N	K	N
NiCr-Ni	K	N	K	N
Cr-Const	E	-	E	-
Nikrosil-Nisil	N	O	N	O
Pt%10Rh - Pt	S	P	S	P
Pt%13Rh - Pt	R	R	R	R
Pt%18Rh - Pt	B	B	B	B
Tn-Tn%26 Re	W	-	W	-

ÖNEMLİ: mV değerleri açısından farklılık sadece Fe-Const ve Cu-Const Termokupllardadır. Diğer T/C eleman telleri mV'ları DIN 43710 ve IEC 584'te aynıdır.

U TİPİ BAKIR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Cu - Const

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	mV/°C
-100	-3,40	-3,68	-3,95	-4,21	-4,46	-4,69	-4,91	-5,12	-5,32	-5,51	-5,70	0,023
0	0	-0,39	-0,77	-1,14	-1,50	-1,85	-2,18	-2,50	-2,81	-3,11	-3,40	0,034
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0	0	0,40	0,80	1,21	1,63	2,05	2,48	2,91	3,35	3,80	4,25	0,043
100	4,25	4,71	5,18	5,65	6,13	6,62	7,12	7,63	8,15	8,67	9,20	0,050
200	9,20	9,74	10,29	10,85	11,41	11,98	12,55	13,13	13,71	14,30	14,89	0,057
300	14,89	15,49	16,09	16,69	17,30	17,91	18,52	19,13	19,75	20,37	20,99	0,061
400	20,99	21,61	22,24	22,87	23,50	24,14	24,78	25,43	26,08	26,74	27,40	0,064
500	27,40	28,07	28,74	29,42	30,10	30,79	31,48	32,18	32,88	33,59	34,30	0,069

U TİPİ BAKIR-KONSTANTAN TERMOKUPL Cu-Const = Bakır (+) ve Konstantan (-) bacadan oluşan bu termokupl, hem indirgen hem de oksitliyen ortamlarda 600 °C'ye kadar mV değeri üretilmesine rağmen yaygın kullanım sıcaklığı 300 °C'yi geçmez. Genellikle laboratuvar uygulamalarında ve özel test amaçlarına yönelik kullanılır. Tablo değerleri, soğuk noktanın 0 °C'de tutulması ile elde edilmiştir.

L TİPİ DEMİR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Fe - Const

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	mV/°C
-100	-4,75	-5,15	-5,53	-5,90	-6,26	-6,60	-6,93	-7,25	-7,56	-7,86	-8,15	0,034
0	0	-0,51	-1,02	-1,53	-2,03	-2,51	-2,98	-3,44	-3,89	-4,33	-4,75	0,048
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0	0	0,52	1,05	1,58	2,11	2,65	3,19	3,73	4,27	4,82	5,37	0,054
100	5,37	5,92	6,47	7,03	7,59	8,15	8,71	9,27	9,83	10,39	10,95	0,056
200	10,95	11,51	12,07	12,63	13,19	13,75	14,31	14,88	15,44	16,00	16,56	0,056
300	16,56	17,12	17,68	18,24	18,80	19,36	19,92	20,48	21,04	21,60	22,16	0,056
400	22,16	22,72	23,29	23,86	24,43	25,00	25,57	26,14	26,71	27,28	27,85	0,057
500	27,85	28,43	29,01	29,59	30,17	30,75	31,33	31,91	32,49	33,08	33,67	0,058
600	33,67	34,26	34,85	35,44	36,04	36,64	37,25	37,85	38,47	39,09	39,72	0,061
700	39,72	40,35	40,98	41,62	42,27	42,92	43,57	44,23	44,89	45,55	46,22	0,065
800	46,22	46,89	47,57	48,25	48,94	49,63	50,32	51,02	51,72	52,43	53,14	0,069

L TİPİ DEMİR-KONSTANTAN TERMOKUPL Fe-Const = Demir (+) ve Konstantan (-) bacadan oluşan bu termokupl indirgen ortamlarda tercih edilir. 900 °C'ye kadar mV değeri üretilmesine rağmen genellikle 800 °C'ye kadar kullanımı yaygındır. Tablo değerleri, soğuk noktanın 0 °C'de tutulması ile elde edilmiştir.

T TİPİ BAKIR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Cu - Const

°C	-200	-100	0	°C	0	100	200	300	°C
-0	-5.603	-3.378	0.000	0	0.000	4.277	9.286	14.860	0
-10	-5.753	-3.656	-0.383	10	0.391	4.749	9.820	15.443	10
-20	-5.889	-3.923	-0.757	20	0.789	5.227	10.360	16.030	20
-30	-6.007	-4.177	-1.121	30	1.196	5.712	10.905	16.621	30
-40	-6.105	-4.419	-1.475	40	1.611	6.204	11.456	17.217	40
-50	-6.181	-4.648	-1.819	50	2.035	6.702	12.011	17.816	50
-60	-6.232	-4.865	-2.152	60	2.467	7.207	12.572	18.420	60
-70	-6.258	-5.069	-2.475	70	2.908	7.718	13.137	19.027	70
-80		-5.261	-2.788	80	3.357	8.235	13.707	19.638	80
-90		-5.439	-3.089	90	3.813	8.757	14.281	20.252	90
-100		-5.603	-3.378	100	4.277	9.286	14.860	20.869	100

Cu-Const = TÜM ÖZELLİKLER U TİPİ İLE AYNI mV DEĞERLERİ FARKLI IEC 584 STANDARDI

I TİPİ DEMİR-KONSTANTAN TERMOKUPL

Fe - Const

°C	-100	0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	°C
-0	-4.632	0.000	0	0.000	5.268	10.777	16.325	21.846	27.388	33.096	39.130	45.498	51.875	57.942	63.777	0
-10	-5.036	-0.501	10	0.507	5.812	11.332	16.879	22.397	27.949	33.683	39.754	46.144	52.496	58.533	64.355	10
-20	-5.426	-0.995	20	1.019	6.359	11.887	17.432	22.949	28.511	34.273	40.382	46.790	53.115	59.121	64.933	20
-30	-5.801	-1.481	30	1.536	6.907	12.442	17.984	23.501	29.075	34.867	41.013	47.434	53.729	59.708	65.510	30
-40	-6.159	-1.960	40	2.058	7.457	12.998	18.537	24.054	29.642	35.464	41.647	48.076	54.341	60.293	66.087	40
-50	-6.499	-2.431	50	2.585	8.008	13.553	19.089	24.607	30.210	36.066	42.283	48.716	54.948	60.876	66.664	50
-60	-6.821	-2.892	60	3.115	8.560	14.108	19.640	25.161	30.782	36.671	42.922	49.354	55.553	61.459	67.240	60
-70	-7.122	-3.344	70	3.649	9.113	14.663	20.192	25.716	31.356	37.280	43.563	49.989	56.155	62.039	67.815	70
-80	-7.402	-3.785	80	4.186	9.667	15.217	20.743	26.272	31.933	37.893	44.207	50.621	56.753	62.619	68.390	80
-90	-7.659	-4.215	90	4.725	10.222	15.771	21.295	26.829	32.513	38.510	44.852	51.249	57.349	63.199	68.964	90
-100	-7.890	-4.632	100	5.268	10.777	16.325	21.846	27.388	33.096	39.130	45.498	51.875	57.942	63.777	69.536	100

Fe-Const = TÜM ÖZELLİKLER L TİPİ İLE AYNI mV DEĞERLERİ FARKLI IEC 584 STANDARDI

K TİPİ NİKELKROM-NİKEL TERMOKUPL

NiCr - Ni

°C	-100	0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	°C
-0	-3.553	0.000	0	0.000	4.095	8.137	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325	41.269	45.108	48.828	52.398	0
-10	-3.852	-0.392	10	0.397	4.508	8.537	12.623	16.818	21.066	25.327	29.547	33.686	37.724	41.657	45.486	49.192	52.747	10
-20	-4.138	-0.777	20	0.798	4.919	8.938	13.039	17.241	21.493	25.751	29.965	34.095	38.122	42.045	45.863	49.555	53.093	20
-30	-4.410	-1.156	30	1.203	5.327	9.341	13.456	17.664	21.919	26.176	30.383	34.502	38.519	42.432	46.238	49.916	53.439	30
-40	-4.699	-1.527	40	1.611	5.733	9.745	13.874	18.088	22.346	26.599	30.799	34.909	38.915	42.817	46.612	50.276	53.782	40
-50	-4.912	-1.889	50	2.022	6.137	10.151	14.292	18.513	22.772	27.022	31.214	35.314	39.310	43.202	46.985	50.633	54.125	50
-60	-5.141	-2.243	60	2.436	6.539	10.560	14.712	18.938	23.198	27.445	31.629	35.718	39.703	43.585	47.356	50.990	54.466	60
-70	-5.354	-2.566	70	2.850	6.939	10.969	15.132	19.363	23.624	27.867	32.042	36.121	40.096	43.968	47.726	51.344	54.807	70
-80	-5.550	-2.920	80	3.266	7.338	11.381	15.552	19.788	24.050	28.288	32.455	36.524	40.488	44.349	48.095	51.697		80
-90	-5.730	-3.242	90	3.681	7.737	11.793	15.974	20.214	24.476	28.709	32.866	36.925	40.879	44.729	48.462	52.049		90
-100	-5.891	-3.553	100	4.095	8.137	12.207	16.395	20.640	24.902	29.128	33.277	37.325	41.269	45.108	48.828	52.398		100

NiCr-Ni = Nikel (-) ve Nikelkrom (+) bacadan oluşan bu termokupl oksitleyici ortamlarda tercih edilir. 1300°C'ye kadar mV değeri üretmesine rağmen yaygın olarak 1200°C'ye kadar kullanılır. DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir.

N TİPİ NİKROSİL-NİSİL TERMOKUPL

Nikrosil-Nisil

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300	°C
0	0.000	2.774	5.912	9.340	12.972	16.744	20.609	24.526	28.456	32.370	36.248	40.076	43.836	47.502	0
10	0.261	3.072	6.243	9.695	13.344	17.127	20.999	24.919	28.849	32.760	36.633	40.456	44.207		10
20	0.525	3.374	6.577	10.053	13.717	17.511	21.390	25.312	29.241	33.149	37.018	40.835	44.578		20
30	0.793	3.679	6.914	10.412	14.092	17.896	21.781	25.705	29.633	33.538	37.403	41.213	44.947		30
40	1.064	3.988	7.254	10.773	14.467	18.282	22.172	26.098	30.025	33.927	37.786	41.590	45.315		40
50	1.340	4.301	7.596	11.135	14.844	18.668	22.564	26.491	30.417	34.315	38.169	41.966	45.682		50
60	1.619	4.617	7.940	11.499	15.222	19.055	22.956	26.885	30.808	34.702	38.552	42.342	46.048		60
70	1.902	4.936	8.287	11.865	15.601	19.443	23.348	27.278	31.199	35.089	38.934	42.717	46.413		70
80	2.188	5.258	8.636	12.233	15.981	19.831	23.747	27.671	31.590	35.476	39.316	43.091	46.777		80
90	2.479	5.584	8.987	12.602	16.362	20.220	24.133	28.063	31.980	35.862	39.696	43.464	47.140		90
100	2.774	5.912	9.340	12.972	16.744	20.609	24.526	28.456	32.370	36.248	40.076	43.836	47.502		100

Nikrosil-Nisil = % 84 Ni, %14.2 Cr, % 1.4 Si alaşımından oluşan (+) bacak ve % 95.5 Ni, % 4.4 Si, % 0.1 Mg alaşımından oluşan (-) bacaklı bu termokupl endüstriyel uygulamalara yeni girmiştir. NiCr-Ni termokupla mukayese ile uzun süreli sabit mV üretir. Oksitlenmeye karşı dayanıklı olup, özellikle 600-1250 °C arasında kullanılır. 900 °C civarında NiCr-Ni termokupl eleman telinin oksitlenerek ürettiği mV değerinin sapsması (green rot effect) Nikrosil-Nisil telinde görülmemektedir. DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0 °C'de tutulması ile elde edilmiştir.

E TİPİ KROMEL-KONSTANTAN TERMOKUPL

Cr - Const

°C	-100	-0	°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	°C
-0	-5.237	0.000	0	0.000	6.317	13.419	21.033	28.943	36.999	45.085	53.110	61.022	68.783	0
-10	-5.680	-0.581	10	0.591	6.996	14.161	21.814	29.744	37.808	45.891	53.907	61.806	69.549	10
-20	-6.107	-1.151	20	1.192	7.683	14.909	22.597	30.546	38.617	46.697	54.703	62.588	70.313	20
-30	-6.516	-1.709	30	1.801	8.377	15.661	23.383	31.350	39.426	47.502	55.498	63.368	71.075	30
-40	-6.907	-2.254	40	2.419	9.078	16.417	24.171	32.155	40.236	48.306	56.291	64.147	71.835	40
-50	-7.279	-2.787	50	3.047	9.787	17.178	24.961	32.960	41.045	49.109	57.083	64.924	72.593	50
-60	-7.631	-3.306	60	3.683	10.501	17.942	25.754	33.767	41.853	49.911	57.873	65.700	73.350	60
-70	-7.963	-3.811	70	4.329	11.222	18.710	26.549	34.574	42.662	50.713	58.663	66.473	74.104	70
-80	-8.273	-4.301	80	4.983	11.949	19.481	27.345	35.382	43.470	51.513	59.451	67.245	74.857	80
-90	-8.561	-4.777	90	5.646	12.681	20.256	28.143	36.190	44.278	52.312	60.237	68.015	75.608	90
-100	-8.824	-5.237	100	6.317	13.419	21.033	28.943	36.999	45.085	53.110	61.022	68.783	76.358	100

Cr-Const = E tipi termokuplun EMF değerleri diğerlerine göre yüksektir. 750 °C'ye kadar kullanılabilir. Termal ve nükleer santralarda geniş kullanım alanı bulmuştur. Ülkemizde kullanımı yaygın değildir. Ayrıca E tipi termokupl eleman teli diğer termokupl eleman tellerine nazaran daha yüksek iç dirence sahiptir. Bağlanacağı cihazın giriş direnci bu nedenle önemlidir.

S TİPİ PLATİN % 10 RODYUM-PLATİN TERMOKUPL

Pt % 10 Rh - Pt

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	°C
0	0.000	0.645	1.440	2.323	3.260	4.234	5.237	6.274	7.345	8.448	9.585	10.754	11.947	13.155	14.368	15.576	16.771	17.942	0
10	0.055	0.719	1.525	2.414	3.356	4.333	5.339	6.380	7.454	8.560	9.700	10.872	12.067	13.276	14.489	15.697	16.890	18.056	10
20	0.113	0.795	1.611	2.506	3.452	4.432	5.442	6.486	7.563	8.673	9.816	10.991	12.188	13.397	14.610	15.817	17.008	18.170	20
30	0.173	0.872	1.698	2.599	3.549	4.532	5.544	6.592	7.672	8.786	9.932	11.110	12.308	13.519	14.731	15.937	17.125	18.282	30
40	0.235	0.950	1.785	2.692	3.645	4.632	5.648	6.699	7.782	8.899	10.048	11.229	12.429	13.640	14.852	16.057	17.243	18.394	40
50	0.299	1.029	1.873	2.786	3.743	4.732	5.751	6.805	7.892	9.012	10.165	11.348	12.550	13.761	14.973	16.176	17.360	18.504	50
60	0.365	1.109	1.962	2.880	3.840	4.832	5.855	6.913	8.003	9.126	10.282	11.467	12.671	13.883	15.094	16.296	17.477	18.612	60
70	0.432	1.190	2.051	2.974	3.938	4.933	5.960	7.020	8.114	9.240	10.400	11.587	12.792	14.004	15.215	16.415	17.594		70
80	0.502	1.273	2.141	3.069	4.036	5.034	6.064	7.128	8.225	9.355	10.517	11.707	12.913	14.125	15.336	16.534	17.711		80
90	0.573	1.356	2.232	3.164	4.135	5.136	6.169	7.236	8.336	9.470	10.635	11.827	13.034	14.247	15.456	16.653	17.826		90
100	0.645	1.440	2.323	3.260	4.234	5.237	6.274	7.345	8.448	9.585	10.754	11.947	13.155	14.368	15.576	16.771	17.942		100

Pt%10Rh-Pt = % 90 Platin, % 10 Rodyum (+) ve saf platin (-) bacadan oluşan bu termokupl oksitleyici ve aşındırıcı ortamlara karşı çok dayanıklıdır ve yaygın olarak 1200 °C'nin üzerinde 1600 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda kullanılır. DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri soğuk noktanın 0 °C'de tutulması ile elde edilmiştir.

R TİPİ PLATİN % 13 RODYUM-PLATİN TERMOKUPL

Pt % 13 Rh - Pt

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	°C
0	0.000	0.647	1.468	2.400	3.407	4.471	5.582	6.741	7.949	9.203	10.503	11.846	13.224	14.624	16.035	17.445	18.842	20.215	0
10	0.054	0.723	1.557	2.498	3.511	4.580	5.696	6.860	8.072	9.331	10.636	11.983	13.363	14.765	16.176	17.585	18.981	20.350	10
20	0.111	0.800	1.647	2.596	3.616	4.689	5.810	6.979	8.196	9.460	10.768	12.119	13.502	14.906	16.317	17.726	19.119	20.483	20
30	0.171	0.879	1.738	2.695	3.721	4.799	5.925	7.098	8.320	9.589	10.902	12.257	13.642	15.047	16.458	17.866	19.257	20.616	30
40	0.232	0.959	1.830	2.795	3.826	4.910	6.040	7.218	8.445	9.718	11.035	12.394	13.782	15.188	16.599	18.006	19.395	20.748	40
50	0.296	1.041	1.923	2.896	3.933	5.021	6.155	7.339	8.570	9.848	11.170	12.532	13.922	15.329	16.741	18.146	19.533	20.878	50
60	0.363	1.124	2.017	2.997	4.039	5.132	6.272	7.460	8.696	9.978	11.304	12.669	14.062	15.470	16.882	18.286	19.670	21.006	60
70	0.431	1.208	2.111	3.099	4.146	5.244	6.388	7.582	8.822	10.109	11.439	12.808	14.202	15.611	17.022	18.425	19.807		70
80	0.501	1.294	2.207	3.201	4.254	5.356	6.505	7.703	8.949	10.240	11.574	12.946	14.343	15.752	17.163	18.564	19.944		80
90	0.573	1.380	2.303	3.304	4.362	5.469	6.623	7.826	9.076	10.371	11.710	13.085	14.483	15.893	17.304	18.703	20.080		90
100	0.647	1.468	2.400	3.407	4.471	5.582	6.741	7.949	9.203	10.503	11.846	13.224	14.624	16.035	17.445	18.842	20.215		100

Pt%13Rh-Pt = % 87 Platin, % 13 Rodyum alaşımından oluşan (+) ve saf platin (-) bacadan oluşan bu termokupl 1760 °C'ye kadar mV değeri üretir. Oksitleyici ve aşındırıcı ortamlara karşı çok dayanıklıdır. 1600 °C sınırını aşan uygulamalar için tercih edilebilir. DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0 °C'de tutulması ile elde edilmiştir.

R TİPİ PLATİN % 13 RODYUM-PLATİN TERMOKUPL

Pt % 18 Rh - Pt

°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	1.800	°C
0	0.000	0.033	0.178	0.431	0.786	1.241	1.791	2.430	3.154	3.957	4.833	5.777	6.783	7.845	8.952	10.094	11.257	12.426	13.585	0
10	-0.002	0.043	0.199	0.462	0.827	1.292	1.851	2.499	3.231	4.041	4.924	5.875	6.887	7.953	9.065	10.210	11.374	12.543	13.699	10
20	-0.003	0.053	0.220	0.494	0.870	1.344	1.912	2.569	3.308	4.126	5.016	5.973	6.991	8.063	9.178	10.325	11.491	12.659	13.814	20
30	-0.002	0.065	0.243	0.527	0.913	1.397	1.974	2.639	3.387	4.212	5.109	6.073	7.096	8.172	9.291	10.441	11.608	12.776		30
40	0.000	0.078	0.266	0.561	0.957	1.450	2.036	2.710	3.466	4.298	5.202	6.172	7.202	8.283	9.405	10.558	11.725	12.892		40
50	0.002	0.092	0.291	0.596	1.002	1.505	2.100	2.782	3.546	4.386	5.297	6.273	7.308	8.393	9.519	10.674	11.842	13.008		50
60	0.006	0.107	0.317	0.632	1.048	1.560	2.164	2.855	3.626	4.474	5.391	6.374	7.414	8.504	9.634	10.790	11.959	13.124		60
70	0.011	0.123	0.344	0.669	1.095	1.617	2.230	2.928	3.708	4.562	5.487	6.475	7.521	8.616	9.748	10.907	12.076	13.239		70
80	0.017	0.140	0.372	0.707	1.143	1.674	2.296	3.003	3.790	4.652	5.583	6.577	7.628	8.727	9.863	11.024	12.193	13.354		80
90	0.025	0.159	0.401	0.746	1.192	1.732	2.363	3.078	3.873	4.742	5.680	6.680	7.736	8.839	9.974	11.141	12.310	13.470		90
100	0.033	0.178	0.431	0.786	1.241	1.791	2.430	3.154	3.957	4.833	5.777	6.783	7.845	8.952	10.094	11.257	12.426	13.585		100

Pt%18Rh-Pt = % 70 platin, % 30 Rodyum alaşımından oluşan (+) ve % 94 Platin, % 6 Rodyum (-) bacadan oluşan bu termokupl 1800 °C'ye kadar mV değeri üretir. Oksitleyici ve aşındırıcı ortamlara diğer platin termokupllar gibi dayanıklı olup, 1600 °C sınırını aşan ve 1800 °C'ye daha çok yakın sıcaklıklarda tercih edilir. DIN 43710 ve IEC 584 standardına uygun tablo değerleri, soğuk noktanın 0 °C'de tutulması ile elde edilmiştir.