

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ\*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

127577

**10 V JOSEPHSON EKLEM DİZİSİ GERİLİM STANDARDI İÇİN**

**YAPIMI GERÇEKLEŞTİRİLEN AKIM KAYNAĞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Müh. Özlem YILMAZ**

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme**

**Danışman: Prof. Dr. Doğan DİBEKÇİ**

**EKİM 2002**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ\*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**10 V JOSEPHSON EKLEM DİZİSİ GERİLİM STANDARDI İÇİN  
YAPIMI GERÇEKLEŞTİRİLEN AKIM KAYNAĞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Özlem YILMAZ**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Mayıs 2002**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Ekim 2002**

**Tez Danışmanı**

**Üye**

**Üye**

**Prof.Dr.Doğan DİBEKÇİ Prof.Dr.Feriha ERFAN KUYUMCU Doç.Dr.Hüseyin UĞUR**

(.....)

(.....)

(.....)

**EKİM 2002**

# 10V JOSEPHSON EKLEM DİZİSİ GERİLİM STANDARDI İÇİN YAPIMI GERÇEKLEŞTİRİLEN AKIM KAYNAĞI

Özlem YILMAZ

**Anahtar Kelimeler:** Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı, Josephson Gerilim Adımı, Akım Kaynağı, Mikrodenetleyici, Sayısal-Analog Çevirici, Üçgen Dalga.

**Özet:** Metroloji ölçüm bilimi olup, ölçüm ile ilgili her tür tasarım, kalibrasyon, test sonuçların analizi metroloji içinde yer alan faaliyetlerdendir. Uluslararası Birimler Sistemi-SI, değişmez ve sabit birimlere duyulan ihtiyacı karşılayarak, temel oluşturmak üzere oluşturulmuş bir sistemdir. SI sistemi içinde önemli ve çok kullanılan elektriksel birimlerinden biri de, gerilim birimi olan "Volt"tur. SI Volt, amper ve mekaniksel birim olan watt üzerinden tanımlanmaktadır. Ancak, son yıllarda, gerilim birimi, frekans-gerilim çevirici olarak tanımlanabilen süperiletken Josephson eklemi ile elde edilmektedir. Josephson eklem dizisi gerilim standartları bugün birincil seviyede gerilim standardı olarak kabul görmekte ve kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ulusal birimlerin oluşturulması ve muhafazası ile görevli TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde gerilim birimi "Volt"un gerçekleştirilmesinde kullanılan 10V Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardının (JEDGS) çalışma prensibi ve standardın temel bölümleri tanıtıldıktan sonra, sistemin yarı otomatik hale getirilmesi ve josephson gerilim adımları üzerindeki gürültünün düşürülmesi amacıyla yapımı gerçekleştirilen akım kaynağı anlatılmaktadır.

İstenilen josephson gerilim adımının elde edilmesi için çalışma noktasını belirleyen akım kaynağı, josephson eklem dizisine,  $\pm 10V$  aralığında DC ofset ve josephson gerilim adımının osiloskop ile gözlenebilmesi için genliği ayarlanabilir üçgen akım sağlamaktadır. Bu amaçla tasarlanan akım kaynağının,  $\pm 10V$  aralığında çalışan genliği ayarlanabilir DC ofset bölümü, gürültünün minimum'a indirilmesi ve bilgisayar ile kontrol olanağının sağlanması amacıyla, 8032 mikrodenetleyici tabanlı bir program geliştirme kartı ile sürülen, 20 bitlik Sayısal/Analog Dönüştürücü (DAC-Digital/Analog Converter) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Akım kaynağının üçgen akım bölümü ise mikrodenetleyici+DAC+kapasite sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

# THE CURRENT SOURCE WHICH IS DEVELOPED FOR THE 10V JOSEPHSON ARRAY VOLTAGE STANDARD

Özlem YILMAZ

**Key words:** Josephson Array Voltage Standard, Josephson Voltage Step, Current Source, Microcontroller, Digital to Analog Converter, Triangle Wave.

**Abstract:** Metrology is the science of measurement. Everything related to measurement such as designing, calibration, analyzing the results of a test exists within the metrology realm. The International System of Units, abbreviated SI, has been developed to meet the need in order to have a uniform and consistent set of units. One of the most important and widely used of these units is the Volt. SI Volt is defined in terms of Ampere and Watt, which is mechanical unit. Recently, the Volt has been realized by superconducting Josephson Junction which can be defined as a frequency to voltage converter. Josephson Junction Array Voltage Standards are used as primary voltage standards.

The theory of 10V Josephson Array Voltage Standard which is used for realization of the voltage unit "Volt" in TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü-UME (National Metrology Institute) which is responsible for establishment and maintenance of national units, the main parts of the standard and operating principal are described, furthermore, the current source which is developed for controlling the system semi-automatically and for decreasing the noise exists on the voltage steps, is described.

The current source, which determines the working point for obtaining the desired Josephson voltage step is supplying the DC offset between -10V and 10V and a triangle current having a adjustable amplitude and frequency to obtain the Josephson voltage step with an oscilloscope. DC offset part of the designed current source which is adjustable between -10V and 10V is maintained by using 20 bit Digital/Analog Converter (DAC) which is driven with a 8032 microcontroller based program development card. On the other hand, the triangle current part of the current source is maintained by using microcontroller+DAC+capacitor system.

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ölçüm bilimi olarak kısaca tanımlanabilen metrolojinin önemi ve gerekliliği pek çoğumuz tarafından fark edilemese de aslında günlük yaşamamızda bile doğrudan etkisini görmemiz mümkündür. Örneğin, pek çok insan evlerindeki ve işyerlerindeki saatlerin aynı zamanı gösterdiğini kabul ederek planlarını yaparlar. Pazardan aldığımız 1 kilo meyve için ödediğimiz para karşılığında gerçekten 1 kilo meyve satın aldığımız düşünürüz. Evlerimizdeki elektrik ve su sayaçlarının doğru değerler ölçtüğünü ve harcadığımız miktar için ödeme yaptığımıza inanırız. Verilen örnekleri biraz daha büyütürsek; zamanlama hatasının tren ve uçak kalkış-inişlerinde doğuracağı sonuçları veya tartım hatasının bir ilaç fabrikasında sebep olacağı sonuçları düşündüğümüzde, doğru ölçümler, dolayısıyla metroloji olmaksızın hayatın ne kadar karışık ve tehlikeli olacağı ortaya çıkmaktadır.

Elektriksel ölçümlerden gerilim ölçümleri de metrolojinin önemli bir kolu olup DC ve düşük frekans ölçümlerinin de anahtar birimidir. Gerilim birimi Volt'un tanımı gereği elektriksel gücün güç dengesi üzerinden mekanik güç ile karşılaştırılması ile gerçekleştirilir. Ancak yüksek değerlerdeki belirsizlikten dolayı Volt, tanımından farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir. Bugün Volt'un gerçekleştirilmesindeki en yüksek doğruluk, Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı kullanılarak elde edilmektedir.

Ülkemizde ulusal Volt, Eylül 1997 yılından beri, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Laboratuvarında mevcut bulunan bu standart üzerinden elde edilmektedir.

Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı için yapımı gerçekleştirilen akım kaynağını anlatan bu çalışma, aynı zamanda UME 10 Volt Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı'nın tanınması ve 1980 yılından bu yana yaygın bir kullanım alanına sahip olan Intel 8051 mikrodenetleyici ailesinin mimarisi ve donanımı ile 8051 mikrodenetleyicisi için kullanılan deneme kartının donanım ve yazılımının anlaşılmasında referans kaynak olması amacıyla hazırlanmıştır. Tezin bu açıdan kullanıcılara yararlı olmasını dilerim.

Bana bu konuda çalışma imkanı sağlayan ve güvenini eksik etmeyen sayın Doç.Dr. Hüseyin UĞUR'a (UME) ve Gerilim Lab.'ı Sorumlusu çalışma arkadaşım Saliha TURHAN'a, tecrübeleriyle yardımcı olan arkadaşlarım, Savaş ACAK ve Cengiz YILMAZ'a (UME Özel Ölçümler Lab.), tez çalışmam boyunca yardım ve hoşgörüsünü eksik etmeyen tez danışmanım sayın Prof.Dr.Doğan DİBEKÇİ'ye ve manevi desteklerini eksik etmeyen ailem ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. JOSEPHSON EKLEM DİZİSİ GERİLİM STANDARDI.....	7
2.1. Josephson Etkisi ve Josephson Eklemi.....	7
2.2. UME 10V Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı.....	11
2.2.1. Josephson Eklem Dizisi Entegresi.....	14
2.2.2. Prob.....	16
2.2.3. Referans Frekans Standardı ve Faz Kilitleme Modülü.....	22
2.2.4. Fark Ölçen Voltmetre.....	25
2.2.5. Josephson Gerilim Adımını Belirleyen Multimetre.....	26
2.2.6. Akım Kaynağı.....	27
2.2.7. Anahtar.....	27
2.2.8. Sıvı Helyum Tankı.....	27
BÖLÜM 3. AKIM KAYNAĞININ ÇALIŞMA PRENSİBİ .....	29
3.1. "Karakteristik" Modu.....	29
3.2. "Kalibrasyon" Modu.....	31
BÖLÜM 4. - 10V ve +10V GERİLİM ARALIĞINDA ÇALIŞAN	
DC OFSET BÖLÜMÜ.....	33
4.1. Mikrodenetleyiciler ve 8051 Ailesi.....	33

4.1.1. 8051 Tümdevre Uç Fonksiyonları.....	35
4.1.2. 8051 Ailesinin Hafıza Yapısı.....	39
4.2. 8051 İçin Program Geliştirme Kartı.....	42
4.2.1. Geliştirme Kartı Donanımı.....	43
4.2.2. Geliştirme Kartının Hafıza Haritası ve Kod Çözümü.....	48
4.2.3. Geliştirme Kartı Monitör Programı.....	49
4.2.3.1. Karta Program Yükleme.....	53
4.2.3.2. Program Çalıştırma.....	54
4.2.3.3. Hafıza Okuma.....	54
4.2.3.4. Hafıza Veri Değişikliği.....	55
4.3. Geliştirme Kartı İçin Yazılan Program.....	56
<b>BÖLÜM 5. GENLİĞİ AYARLANABİLİR ÜÇGEN AKIM BÖLÜMÜ .....</b>	<b>64</b>
5.1. XR-8038 İle Üretilen Üçgen Dalga Sinyali.....	64
5.2. Mikrodenetleyici+DAC+Direnç Sistemi İle Üretilen Üçgen Dalga Sinyali.....	69
5.3. Mikrodenetleyici+DAC+Kapasite Sistemi İle Üretilen Üçgen Dalga Sinyali.....	70
5.4. Kare Dalga Mikroişlemci Programı.....	73
<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>80</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>82</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>83</b>

## SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

C	: Kapasite
Cu	: Bakır
e	: Elektron yükü ( $1.6 \times 10^{19}$ C)
f	: Frekans
h	: Planck sabiti ( $6.6 \times 10^{-34}$ Js)
I	: Akım
$I_c$	: Eklem kritik akımı
$K_{J-90}$	: Josephson sabiti (483 597.9 GHz/V)
k $\Omega$	: Kilo ohm
MHz	: Mega hertz
$\mu$ A	: Mikro amper
$\mu$ F	: Mikro farad
$\mu$ V	: Mikro volt
mV	: Mili volt
n	: Gerilim adımı sayısı
$\Omega$	: Ohm
pF	: Piko farad
R	: Direnç
V	: Gerilim
+V <sub>cc</sub>	: Pozitif kaynak gerilimi
-V <sub>cc</sub>	: Negatif kaynak gerilimi
V <sub>LG</sub>	: PLL'in çevrim kazanç kontrol ayarı
V <sub>OP</sub>	: Gunn osilatörün bias gerilim ayarı
V <sub>PP</sub>	: Program besleme gerilimi
A	: Akümülator
ADC	: Analog Digital Converter
BIPM	: Bureau International des Poids et Mesures (Uluslararası Metroloji Merkezi)



BNM/LCIE	: Bureau National de Métrologie-Laboratoire Central des Industries Electriques (Fransa Metroloji Enstitüsü)
CD	: Compact Disk
CIPM	: Comité International des Poids et Mesures (Uluslararası Metroloji Yönetim Komitesi)
CPU	: Central Processing Unit
DAC	: Digital/Analog Converter
DPTR	: Data Pointer
DVM	: Sayısal voltmetre
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
EPROM	: Erasable Programmable Read Only Memory
EUROMET	: A European Collaboration on Measurement Standards (Avrupa Metroloji Enstitüleri Birliği)
FET	: Field Effect Transistor
GND	: Ground
He	: Helyum
I/O	: Input/Output
JEDGS	: Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı
JMP	: Dallanma Komutu
Lab.	: Laboratuvar
LE	: Latch Enable
LSB	: Low Significant Byte
MSB	: Most Significant Byte
OUT	: Çıkış
PLL	: Phase Lock Loop
PSW	: Program Status Word
PTB	: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Alman Metroloji Enstitüsü)
RXD	: Receive Data
RAM	: Random Access Memory
ROM	: Read Only Memory
SFR	: Special Function Register
SI	: Système International d'Unités

TXD : Transmit Data  
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu  
UME : Ulusal Metroloji Enstitüsü



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Volt için izlenebilirlik şeması .....	3
Şekil 1.2.	Mekanik birimler üzerinden elektriksel temel birim olan Amper'in elde edilişi.....	4
Şekil 2.1.	Josephson eklemi.....	7
Şekil 2.2.	DC Josephson etkisi .....	8
Şekil 2.3.	Josephson eklemesinde oluşan sabit gerilim adımları (Shapiro adımları) .	10
Şekil 2.4.	UME 10 Volt JEDGS.....	12
Şekil 2.5	UME JEDGS'ının blok şeması .....	13
Şekil 2.6.	Josephson eklem dizisi entegresi .....	15
Şekil 2.7.	Josephson dizisinin sıvı helyum içinde soğutulmasında kullanılan prob	17
Şekil 2.8.	Prob içinde kullanılan dalga kılavuzu tipleri.....	16
Şekil 2.9.	Josephson eklem dizisinin sisteme bağlantı konfigürasyonu .....	18
Şekil 2.10.	Josephson eklem dizisinin sisteme bağlantı şeması.....	19
Şekil 2.11.	UME JEDGS'ında kullanılan PTB yapımı prob .....	20
Şekil 2.12.	UME JEDGS'ında kullanılan Josephson eklem dizisinin proba bağlantısı .....	21
Şekil 2.13.	UME JEDGS faz kilitleme sistemi .....	24
Şekil 3.1.	DC karakteristik eğrisinin ilk görüldüğü anki durumu .....	30
Şekil 3.2.	DC karakteristik eğrisi .....	30
Şekil 3.3.	Josephson adımı .....	32
Şekil 4.1.	20 bitlik DAC devresi .....	33
Şekil 4.2.	4K ROM ve 128 byte iç hafızalı bir 8051 entegresinin blok şeması .....	35
Şekil 4.3.	8051 serisi entegrelerin bacak bağlantı şeması .....	36

Şekil 4.4. Geliştirme kartı devre elemanları yerleşim planı .....	43
Şekil 4.5. Geliştirme kartının mikrodenetleyici, kod çözücü adres latch'i ve RS232 bölümü.....	46
Şekil 4.6 Geliştirme kartının EPROM, RAM ve 8255A bölümü.....	47
Şekil 4.7. Geliştirme kartının hafıza haritası ve kod çözümü.....	48
Şekil 4.8. Monitör programı akış şeması.....	50
Şekil 5.1. XR-8038 ile yapılan üçgen dalga üretici .....	66
Şekil 5.2. XR-8038 ile yapılan üçgen dalga üretici .....	67
Şekil 5.3. XR-8038'in iç yapısı .....	68
Şekil 5.4. Üçgen dalga genlik ayarı ve DC akım devresi.....	70



## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. UME JEDGS'ında kullanılan 10V Josephson eklem dizisi entegresine ait özellikler .....	14
Tablo 2.2. UME JEDGS'ında kullanılan He tanklarına ait teknik özellikler .....	28
Tablo 4.1. Port 3 uçlarının alternatif fonksiyonları .....	38
Tablo 4.2. Özel fonksiyon veri gözlerinin isimleri, adresleri ve fonksiyonları.....	41
Tablo 4.3. Program durum saklayıcısındaki bitlerin sembolleri, adresleri ve fonksiyonları .....	42
Tablo 4.4. Geliştirme kartında kullanılan devre elemanları .....	44

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin baş döndürücü bir hızla geliştiği günümüzde, bilimsel araştırma, sanayi, ticaret, ulusal savunma, sağlık gibi alanlarda yapılan çalışmaların başarıyla sonuçlandırılması için hassas, güvenilir ve doğru ölçümlere ihtiyaç duyulduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu nedenle, ölçüm bilimi, metroloji, günümüz toplumunda önemli bir rol oynamaktadır.

Bugün toplumun hemen her kesiminin sahip olmayı olağan saydığı telefondan televizyona, ütüden buzdolabına kadar çeşitli elektrikli ürünlerin ekonomik olabildiğini sağlayan seri üretim, bu ürünleri oluşturan yüzlerce parçanın hassas olarak aynı karakterde yapılabilmesinin sonucudur. Bunun yanısıra giderek artan uluslararası işbölümü, bir ürünü oluşturan parçaların değişik ülkelerde üretilip daha sonra birleştirilmesini kaçınılmaz kılmıştır. Dolayısıyla, ürün kontrolü için ölçülen parametrelerin benzer koşullarda aynı sonuçları vermesi gerekmektedir. Bu ise boyutların, sıcaklığın, ağırlığın, gücün, empedansın, akımın, basıncın ve çeşitli malzeme karakteristiklerinin doğru olarak ölçülebilmesiyle sağlanmaktadır.

Uluslararası alanda ölçüm birliğine duyulan ihtiyaç, 1860'lı yıllarda gelişen uluslararası ticaret ile kendini göstermiştir. Aralarında Osmanlı İmparatorluğu'nun da bulunduğu 17 ülke temsilcisi bu amaçla 1875 yılında biraraya gelerek Metre Konvansiyonu'nu (The convention du Mètre) oluşturmuştur. Konvansiyon tarafından uluslararası standartları oluşturmak, muhafaza etmek ve doğruluklarını yayarak uluslararası karşılaştırmalarda merkez olması amacıyla BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) kurulmuştur. BIPM faaliyetleri, Uluslararası Metroloji Yönetim Komitesi (CIPM-Comité International des Poids et Mesures) tarafından idare edilmektedir. CIPM altında dünya çapında alanlarında uzman kişilerin bir araya geldiği 9 komite yer almaktadır. Bu komitelerin görevleri, BIPM laboratuvarlarında gerçekleştirilen bilimsel faaliyetler konusunda CIPM'e bilgi sunmak, uluslararası

karşılaştırma ölçümlerini teşvik etmek ve gerekli konuları CIPM gündeminde tartışmaya sunmaktır. Elektriksel ölçümlerden sorumlu komite Comité Consultatif d'Electricité (CCE)'dir.

Ölçümlerde uluslararası seviyede ölçü birliğine entegrasyon, ölçümlerin temelini oluşturan standartların her ülkenin ulusal metroloji enstitülerinde oluşturularak muhafaza edilmesi ve uluslararası karşılaştırmalarla uluslararası standartlar ile aralarındaki farkların gözlemesi ile sağlanır.

Metroloji enstitülerinde muhafaza edilen ve zamanla değişimleri yılda “milyonda bir”ler derecesinde olan gerilim standartlarının doğrulukları tüm ölçme ve test cihazlarına “kalibrasyon” aracılığıyla aktarılmaktadır. Ancak bu şekilde üreticilere aktarılan doğruluk düzeyi durağan değildir. Düzenli aralıklarla da kontrol edilmelidir. Böylelikle, daha üretim safhasındaki ürünün gelecekteki kalitesini garanti altına alabilmek mümkün olabilmektedir.

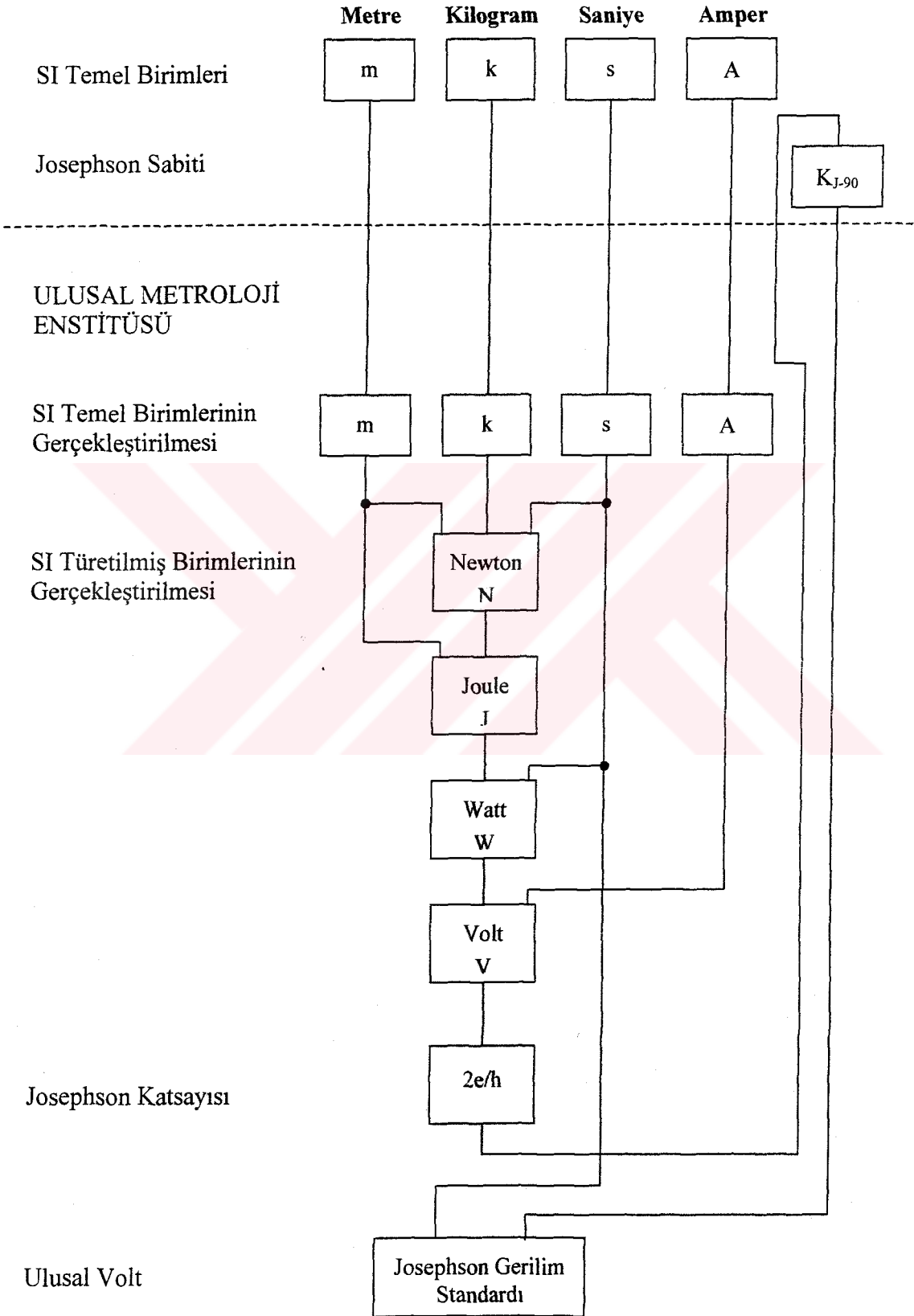
Uluslararası Birimler Sistemi-SI (Système International d'Unités), değişmez ve sabit birimlere duyulan ihtiyacı karşılayarak, uluslararası platformda temel oluşturmak üzere oluşturulmuş bir sistemdir. SI sistemi içinde elektriksel temel birim, kütle birimine bağlı olarak kolay elde edilebilirliğinden dolayı Amper olarak belirlenmiş ve bu şekilde elektriksel birimler ile o tarihlerdeki doğruluğu elektriksel birimlerden daha iyi olan mekanik birimler arasında ilişkilendirme sağlanmıştır. Gerilim birimi “Volt” da sistem içinde önemli ve çok kullanılan elektriksel birimlerden biridir. SI Volt, amper ve mekaniksel birim olan watt üzerinden elde edilmektedir (Şekil 1.1).

“Amper”, vakum ortam içinde, birbirinden 1 m uzakta, ihmal edilebilir kesitli, sonsuz uzunluktaki iki paralel iletken, aralarında  $2 \times 10^{-7}$  Newton/m kuvvet oluşması durumunda geçen sabit akım olarak tanımlanır. Bu şekilde, SI, mekanik ve elektriksel birimleri, amper üzerinden ilişkilendirmektedir.

Amper'in tanımına uygun olarak elde edilmesinin güç oluşunun yanısıra, mekanik birimlere bağlı oluşu, elde edilen belirsizlik değerinin  $15 \times 10^{-6}$ 'lar mertebesinde olmasına sebep olmaktadır. Yüksek belirsizlik değerinin yanısıra, amper tanımı ile

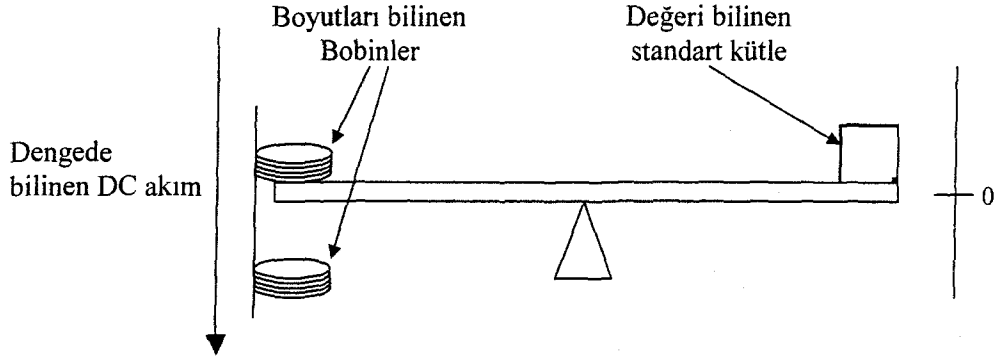
ancak en fazla birkaç dakika için sağlanabilmektedir. Şekil 1.2, amperin tanımına uygun gerçekleştirilmede kullanılan sistemi göstermektedir.

## ULUSLARARASI METROLOJİ



Şekil 1.1. Volt için izlenebilirlik şeması.





**Şekil 1.2.** Mekanik birimler üzerinden elektriksel temel birim olan Amper'in elde edilişi

Terazinin solunda yer alan bobinlerdeki manyetik alan, akım ve sarım sayısı ile orantılı bir çekici kuvvet oluşturur. Oluşan kuvvet, terazinin diğer kolundaki kütle ile dengelenir. Kütle değeri kullanılarak iletken telden geçen akım değeri belirlenir.

Amper, SI temel birimi olmasına rağmen, elde edilişindeki güçlük ve yüksek belirsizlik değerinden dolayı bugün pek çok ulusal laboratuvarında tanımına uygun olarak elde edilmemektedir. Bunun yerine Ohm yasasına uygun olarak Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı ile elde edilebilen yüksek doğrulukta gerilim ve Quantum Hall sistemi ile sağlanan direncin oranı ( $I=V/R$ ) alınarak elde edilmektedir.

Volt, SI sisteminde, sabit 1 Amper akım taşıyan iletken telin, 1 watt güç harcanan iki nokta arasındaki elektromotor kuvveti olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre Volt,

$$V = \frac{W}{A} \quad (1.1)$$

olarak formüle edilebilir. Denklemden  $W$ , watt cinsinden gücü,  $A$  ise amper cinsinden akımı temsil etmektedir.

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/sn}, \quad (1.2)$$

$$1 \text{ Joule}=1 \text{ Nt.m,} \quad (1.3)$$

$$1 \text{ Nt}=1 \text{ kg m/sn}^2 \quad (1.4)$$

olduğu dikkate alınarak, 1 Volt, temel SI birimleri cinsinden şu şekilde ifade edilir:

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ kg.m}}{\text{sn}^2} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{\text{sn}} \cdot \frac{1}{\text{A}} = \text{kg m}^2 \text{ sn}^{-3} \text{ A}^{-1} \quad (1.5)$$

Görüldüğü gibi, türetilmiş bir SI birimi olan "Volt"un doğrudan temel SI birimleri cinsinden gerçekleştirilmesi, uzunluk, kuvvet ve güç mekanik birimlerine bağılı oluşundan dolayı oldukça güçtür. Üstelik, Volt'un tanımına uygun olarak gerçekleştirilmesi ile elde edilebilen en iyi belirsizlik olan  $0.4 \times 10^{-6}$  (ppm) değeri bile, gelişen teknolojinin ve bilim dünyasının yüksek kararlılık ve yüksek doğruluk gibi ihtiyaçlarını sağlamada yeterli kalmamaktadır. Bu durum, birimin tanımından farklı yöntemlerle gerçekleştirilmesi zorunluluğunu gündeme getirmiştir (Petley 1994).

Önceleri Volt, bir grup standart pilin-doymuş Weston pilleri-ortalama emf (elektro motor kuvveti) değeri ile elde edilmiştir (FLUKE Corporation 1994a). Ancak bu ortalama değerin zamanla ve sıcaklık, nem, titreşim gibi ortam şartlarına bağılı olarak değişiminin saptanması ve bu özelliği ile laboratuvarlar arası izlenebilirliği aktarılmasında yaşanan problemler nedeniyle yeni arayışlar başlamıştır. Yarıiletken teknolojisinde yaşanan gelişmelere paralel olarak, gerilim birimi, yapısında bir zener diyot bulunan standartlar kullanılarak gerçekleştirilmeye başlanmıştır (FLUKE Corporation 1994b). Ancak, gelişen teknoloji ile daha iyi doğrulukta, kararlı ve tekrarlanabilir standartlara ihtiyaç duyulmuştur. 1962 yılında Brian Josephson tarafından keşfedilmiş olan AC Josephson etkisi, ölçme biliminde hızla kullanıma alınmıştır. Ancak, bu sistem ilk önceleri uzun yıllar e-elektron yükünün, h-Planck sabitine oranının (e/h) belirlenmesinde kullanılmıştır (Finnegan, Denenstein ve Langenberg 1971).

Dünyanın çeşitli yerlerinde bu sistem ile gerçekleştirilen e/h oranı ölçümleri, referans alınan gerilim standartlarının değerleri arasındaki farklardan doğan büyük farklılıklar

göstermiştir. Bu durum, sistemin,  $e/h$  oranı sabit alınarak, gerilim biriminin gerçekleştirilmesinde kullanılmaya başlanması düşüncesini doğurmuştur.

Josephson etkisi kullanılarak gerçekleştirilen ilk gerilim ölçümlerinde de, ülkeler arasında kabul edilen  $e/h$  oranının farklılığından dolayı farklılık gözlenmiştir. Ancak bu sorun, uluslararası metroloji hiyerarşisinin en üst noktasında bulunan organizasyon olan CIPM tarafından  $2e/h$  oranının  $K_{J-90}$ -Josephson sabiti olarak;

$$K_{J-90}=483\,597.9\text{ GHz/V} \quad (1.6)$$

tanımlanmasıyla ortadan kaldırmıştır. 1989 yılında alınan ve 01.01.1990 tarihinde uygulanmaya başlanan bu kararla Volt, dünyanın çeşitli yerlerindeki metroloji laboratuvarlarında, oldukça yüksek tekrarlanabilirlikle, Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı (JEDGS) ile gerçekleştirilebilmektedir. JEDGS, getirdiği tekrarlanabilirlik özelliği ile elektriksel ölçümlerde şimdiye kadar hiç sağlanmamış dünya çapında benzerlik, eş değerlik getirmiştir.

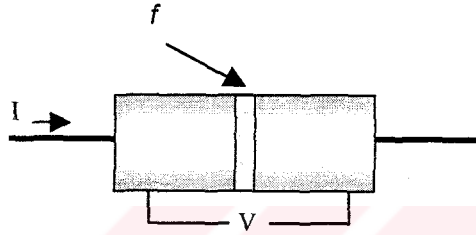
JEDGS ile, doğrudan fiziksel sabitler üzerinden tanımlanan ve diğer gerilim standartları farklı olarak; güvenilir ve uzun süreli kararlı gerilim değerleri elde edilebilmesine rağmen, dünyadaki Josephson Sistemlerinin karşılaştırılmaları gereklidir. Bu gereklilik, Josephson etkisinin değişkenliği şüphesinden değil, sistemin kalbini çevreleyen ve oda sıcaklığında çalıştırılan kompleks sistemin kontrolü içindir.

Bu çalışmada, bugün dünyada primer [birincil] gerilim standardı olarak kabul edilen ve Türkiye'de, sadece, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Laboratuvarında mevcut olan JEDGS tanıtılmakta ve sistemin yarı otomatik hale getirilmesi ve Josephson gerilim adımları üzerindeki gürültünün düşürülmesi amacıyla yapımı gerçekleştirilen akım kaynağı anlatılmaktadır.

## 2. JOSEPHSON EKLEM DİZİSİ GERİLİM STANDARDI

### 2.1. Josephson Etkisi ve Josephson Eklemi

Josephson eklemi, ince yalıtkan bir oksit tabakasıyla ayrılmış iki süperiletken malzemenin zayıfça biraraya getirilmesiyle oluşmaktadır. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Josephson eklemi

1962 yılında Brian Josephson, elektronların, buldukları enerji seviyesinden, diğer iletkenlerde bulunan eş bir enerji seviyesine, hiçbir gerilim uygulamadan, geçiş yapabileceklerini dikkate alarak, iki süperiletken arasındaki yalıtkan bariyerin yeterince ince olması durumunda, elektron çiftlerinin bu bariyerden geçebileceklerini ve bu geçiş nedeniyle eklem üzerinde hiçbir gerilim düşümü oluşturmadan bir akım oluşacağı hipotezini ortaya atmıştır. Bu etki DC Josephson Etkisi olarak adlandırılmış ve ilk olarak Anderson ve Rowell tarafından 1963 yılında gözlenmiştir.

Josephson, süperiletkendeki elektron çiftlerini;

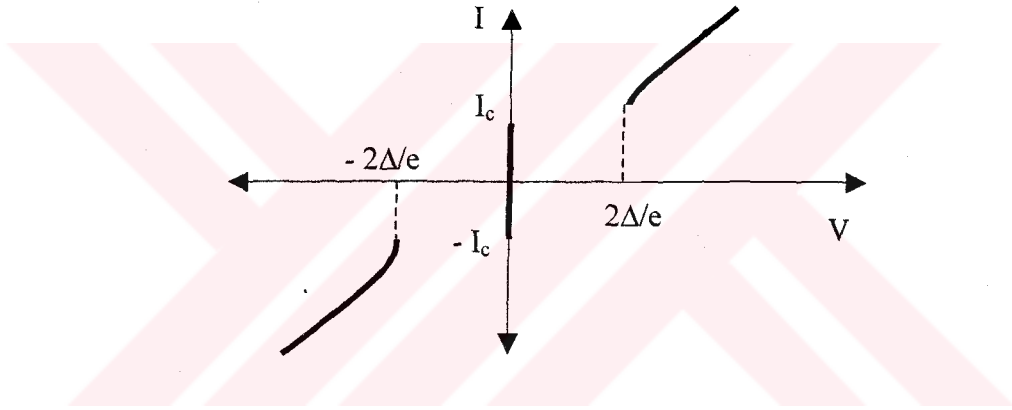
$$\psi = \sqrt{\rho} e^{j\theta} \quad (2.1)$$

şeklinde bir dalga fonksiyonu olarak ifade ederek, yalıtkan içinde herhangi bir noktadaki akım yoğunluğunun;

$$I = I_c \sin \phi \quad (2.2)$$

şeklinde yazılabileceğini göstermiştir. Denklem 2.1'de  $\rho$  elektron yoğunluğudur. Denklem 2.2'de ise  $I$  süperakım,  $I_c$  eklem kritik akımı,  $\phi$  ise bariyerin iki tarafındaki elektron çiftlerinin faz farkıdır ( $\phi_2 - \phi_1$ ). Eklem kritik akım değeri eklem inceliğine ve sıcaklığa bağlı bir parametredir.

Eklem üzerine  $I_c$  kritik akımından fazla bir değerde akım uygulandığı durumda, bu akım normal elektronlar tarafından taşınacak ve dolayısıyla eklem üzerinde bir gerilim düşümüne sebep olacaktır. Bu durum Şekil 2.2'de verilen gerilim-akım karakteristiğinde verilmektedir.



**Şekil 2.2.** DC Josephson etkisi

Yine Josephson'a göre, bir DC gerilim eklem uygulandığında, faz farkının zamanla değişimi nedeniyle, iki süperiletken arasında elektron çiftleri salınma başlayacak ve eklem üzerinde, gerilim ile doğrudan ilişkili bir de AC süper akım oluşacaktır. Bu etki AC Josephson Etkisi olarak adlandırılır. Josephson, faz farkı değişimi ile DC gerilim arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak şu şekilde ifade etmiştir.

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{4\pi e}{h} V \quad (2.3)$$

Denklemdede,  $e$  elektron yükü,  $h$  Planck sabiti,  $V$  eklem üzerindeki DC gerilim,  $\phi$  ise faz farkıdır. Josephson, eklem üzerinden akan süperakımı en genel ifadesiyle, denklem 2.2'in entegralini alarak denklem 2.1'de yerine koymak suretiyle;

$$I = I_c \sin\left(\frac{4\pi e}{h} Vt + \phi_0\right) \quad (2.4)$$

olarak ifade etmiştir.

Görüldüğü gibi,  $V=0$  ise, faz farkı sabit olduğundan eklem üzerinden DC bir akım akacak olup maksimum değeri eklem kritik akımı ( $I_c$ ) kadar olacaktır.  $V$ 'nin sıfırdan farklı olması durumunda ise, genliği  $I_c$  olan bir AC akım akacaktır.  $2e/h$  oranı yaklaşık  $484 \text{ MHz}/\mu\text{V}$  olduğundan, akan süperakımın frekansı düşük gerilimler için bile mikrodalga frekanslarında olacaktır. Denklem 2.3'den de görüleceği gibi, AC süperakım frekansı ve ekleme uygulanan DC gerilim arasındaki ilişki,

$$f = \frac{2e}{h} V \quad (2.5)$$

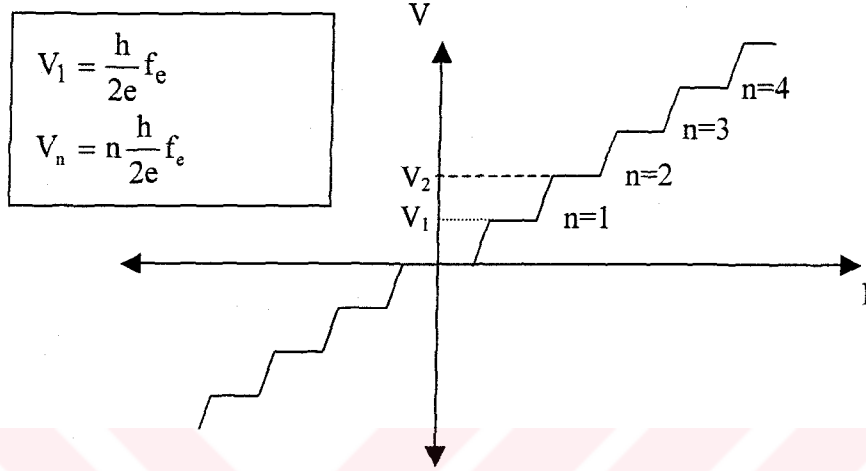
olarak ifade edilir.

Josephson eklemının bir diğer özelliği ise, ekleme,  $f_c$  frekansında bir mikrodalga uygulanması durumunda, eklem salınımının, uygulanan frekansa ve harmoniklerine kilitleme yönünde eğilim göstermesidir. Bu durumda eklem üzerindeki gerilim, uygulanan frekansa bağlı olarak;

$$V = n \frac{h}{2e} f_c \quad n=1, 2, 3.. \quad (2.6)$$

şeklindedir.

Eklemde gerilim-akım eğrisi çizildiğinde, akım genişliği uygulanan AC gerilimin büyüklüğüne bağlı bir “sabit gerilim adım”ları gözlenmektedir (Şekil 2.3). Uygulanan frekansa bağlı olan bu sabit gerilim adımları ilk defa Shapiro tarafından gözlenmiş olduğundan, Shapiro Adımları olarak adlandırılmaktadırlar.



**Şekil 2.3.** Josephson eklemde oluşan sabit gerilim adımları (Shapiro adımları)

Josephson sabiti ( $K_J$ ) olarak adlandırılan  $h/2e$  oranının değeri, metroloji hiyerarşisinin en üst noktasında yer alan organizasyon (Comité International des Poids et Mesures-CIPM) tarafından 483 597,9 GHz/V olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde, Josephson gerilim doğruluğunun, sadece uygulanan frekansın doğruluğuna bağlı kalması sağlanmıştır. Formül 2.6'dan da görüldüğü gibi, Josephson gerilimi, Josephson eklem tipinden, eklem geometrisinden, kullanılan materyallerden, manyetik alandan ve uygulanan frekansın gücünden bağımsızdır.

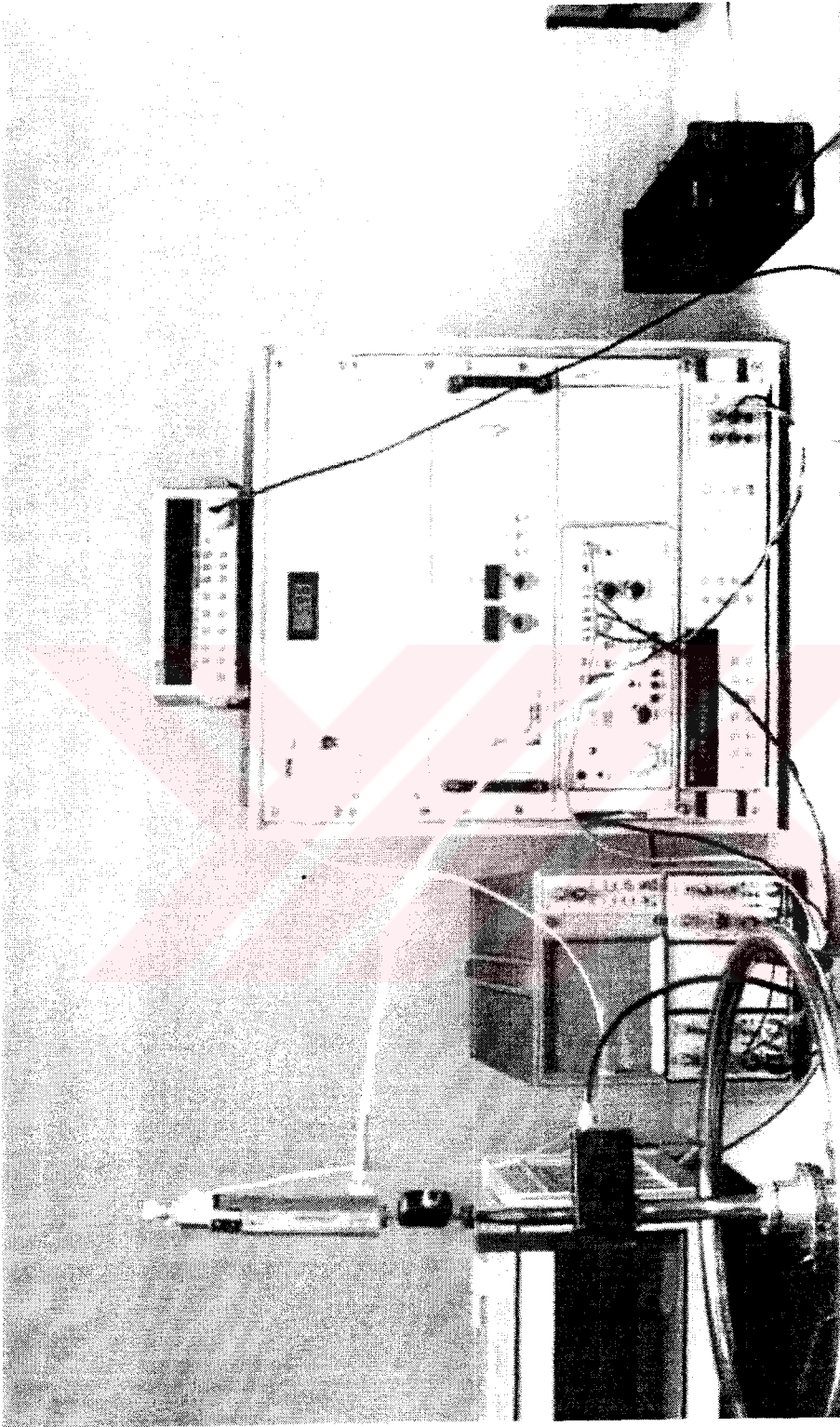
## 2.2. UME 10 Volt Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı

UME Gerilim Laboratuvarında Volt'un gerçekleştirilmesinde kullanılan 10 Volt JEDGS'ı Şekil 2.4'de gösterilmektedir. Şekil 2.5'de ise standart şema olarak verilmektedir.

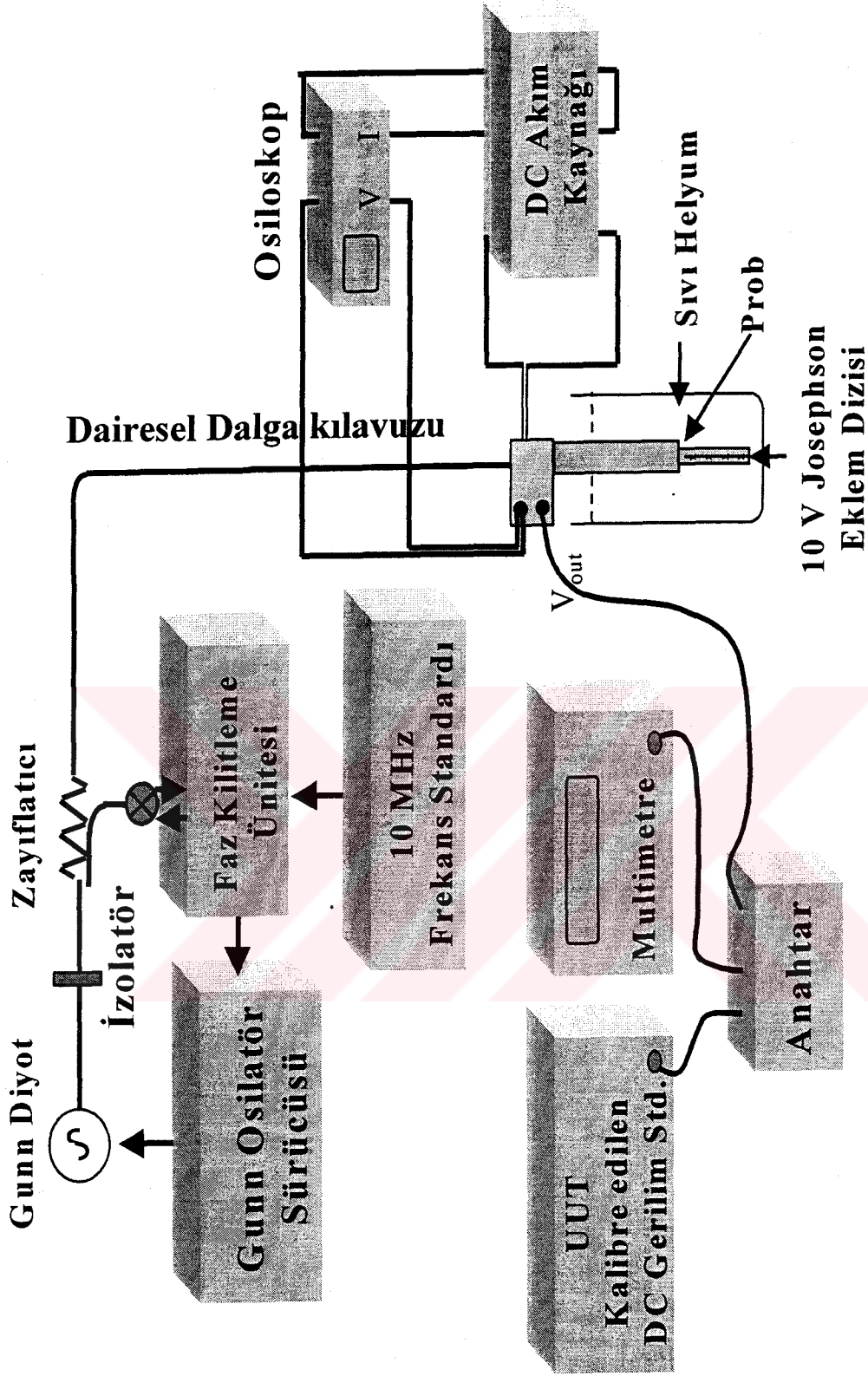
UME 10V Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı, Josephson eklem dizisi entegresi, bu entegreyi sıvı He'a daldırmada ve diziyi sisteme bağlamada kullanılan bir prob, sıvı He tankı, Rb referans frekans standardı, akım kaynağı, faz kilitleme modülü, iki adet voltmetre ve bir anahtardan oluşmaktadır.

Diğer Josephson Gerilim Standartlarından farklı olarak UME JEDGS'ı 74.99 GHz frekansında çalışmaktadır. Standartta kullanılan faz kilitleme tekniği ile 75 GHz Gunn osilatörü 10 MHz Rb frekans standardının spektral özelliğine en yakın olacak şekilde kilitlenmekte ve bu şekilde Josephson gerilim adımları üzerindeki gürültü seviyesinin diğer sistemlerdeki gürültü seviyesinden düşük olması sağlanmaktadır. Ancak frekansın 74.99 GHz'de sabit oluşundan dolayı, iki Josephson gerilim adımı arasındaki gerilim farkı  $155.0668438 \mu\text{V}$  değerinde sabit olmakta ve dolayısıyla DC gerilim standartları kalibrasyonu esnasında Josephson gerilimi kalibre edilen standardın değerine tam olarak ayarlanamamaktadır. Ancak kalibre edilen standart ve Josephson gerilimi arasındaki fark  $78 \mu\text{V}$ 'dan küçüktür. Bu aralıkta voltmetrelerin doğrusallık hataları oldukça küçük olduğundan dolayı bu durum sisteme DC gerilim standardı kalibrasyonları için bir dezavantaj getirmemektedir.





Şekil 2.4. UME 10 Volt JEDGS



Şekil 2.5. UME JEDGS'nin blok şeması

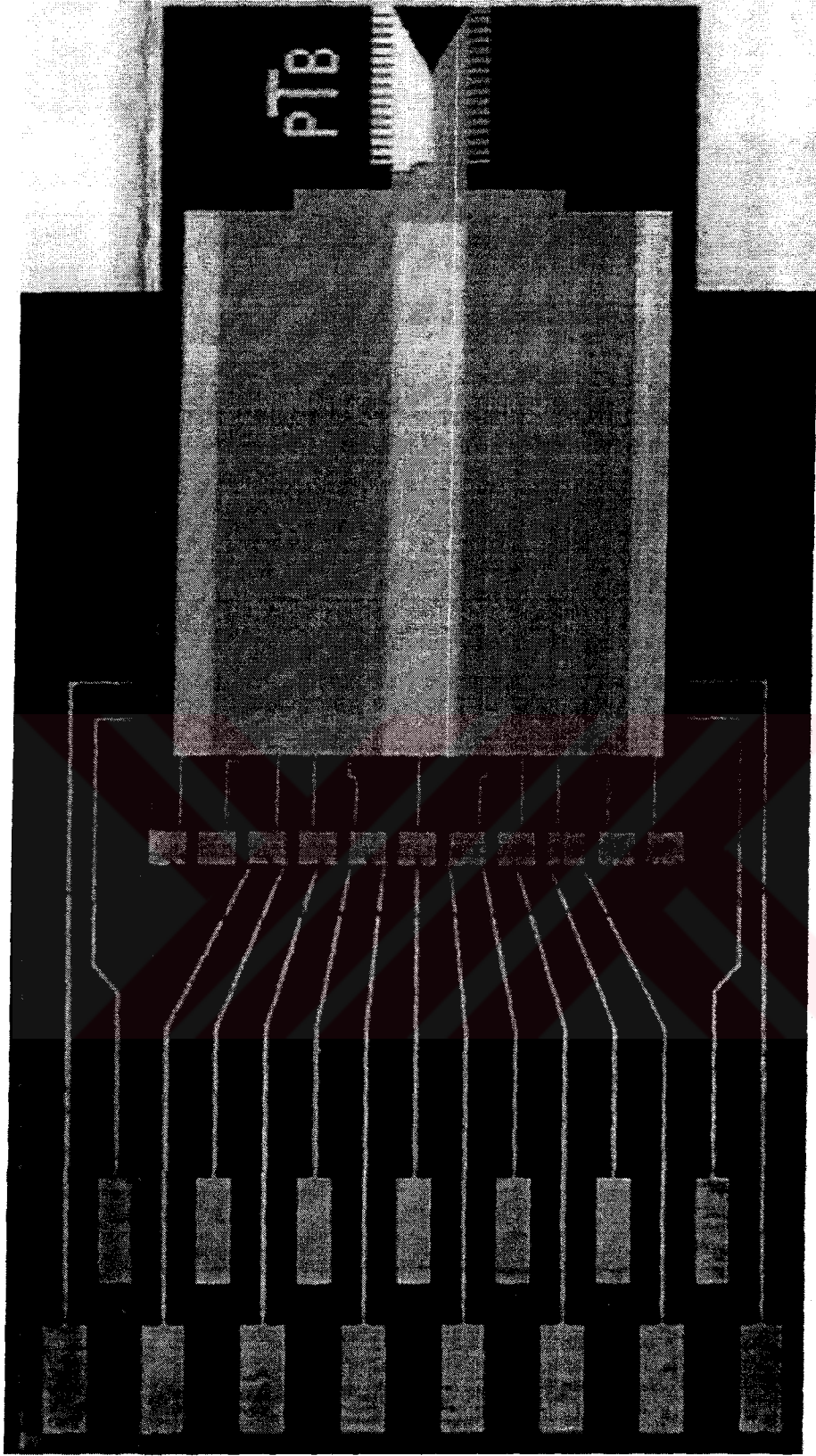
### 2.2.1 Josephson eklem dizisi entegresi

UME JEDGS'ında kullanılan, farklı firmalara ait, 4 adet Josephson dizisi entegresi bulunmaktadır (Şekil 2.6). Bu entegrelerden üç tanesi 10V, bir tanesi ise 1V gerilim değerinde çıkış vermektedir (Popel 1992).

10V Josephson dizisi, Niyobyum/Alüminyum oksit/Niyobyum (Nb/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Nb) teknolojisi ile üretilmiş yaklaşık 20,000 Josephson ekleminden oluşmaktadır. Tablo 2.1'de PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) yapımı 10V Josephson dizisi entegresine ait özellikler verilmektedir.

**Tablo 2.1.** UME JEDGS'ında kullanılan 10V Josephson eklem dizisi entegresine ait özellikler

Özellikler	
Üretici	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Teknoloji	Nb/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Nb
Eklem alanı	(10 x 20) mm
Eklem sayısı	20,000
Taban materyali	FR-4 epoxy glass
RF giriş	WR-12 dalgakılavuzu uyumlu
Çalışma sıcaklığı	< 4.2 K
Kritik Akım (@10V)	270 µA
Oda sıcaklığında dizi direnci	93 kΩ
Elde edilebilir maksimum adım genişliği	50 µA



Şekil 2.6. Josephson eklem dizisi entegrasyonu

### 2.2.2. Prob

Şekil 2.7’de Josephson dizisini sıvı He içine daldırılmasında (soğutulmasında) ve rf ve manyetik alanlardan korunmasında kullanılan probun yapısı gösterilmektedir. Probun üst bölümüne Gunn osilatör, çiftleyici, karıştırıcı ve zayıflatıcı sistemi monte edilmekte ve bu sistemden uygulanan mikrodalga güç düşük-ısı ve düşük-mikrodalga kayıplarına sahip dalgakılavuzu üzerinden Josephson dizi entegresine uygulanmaktadır.

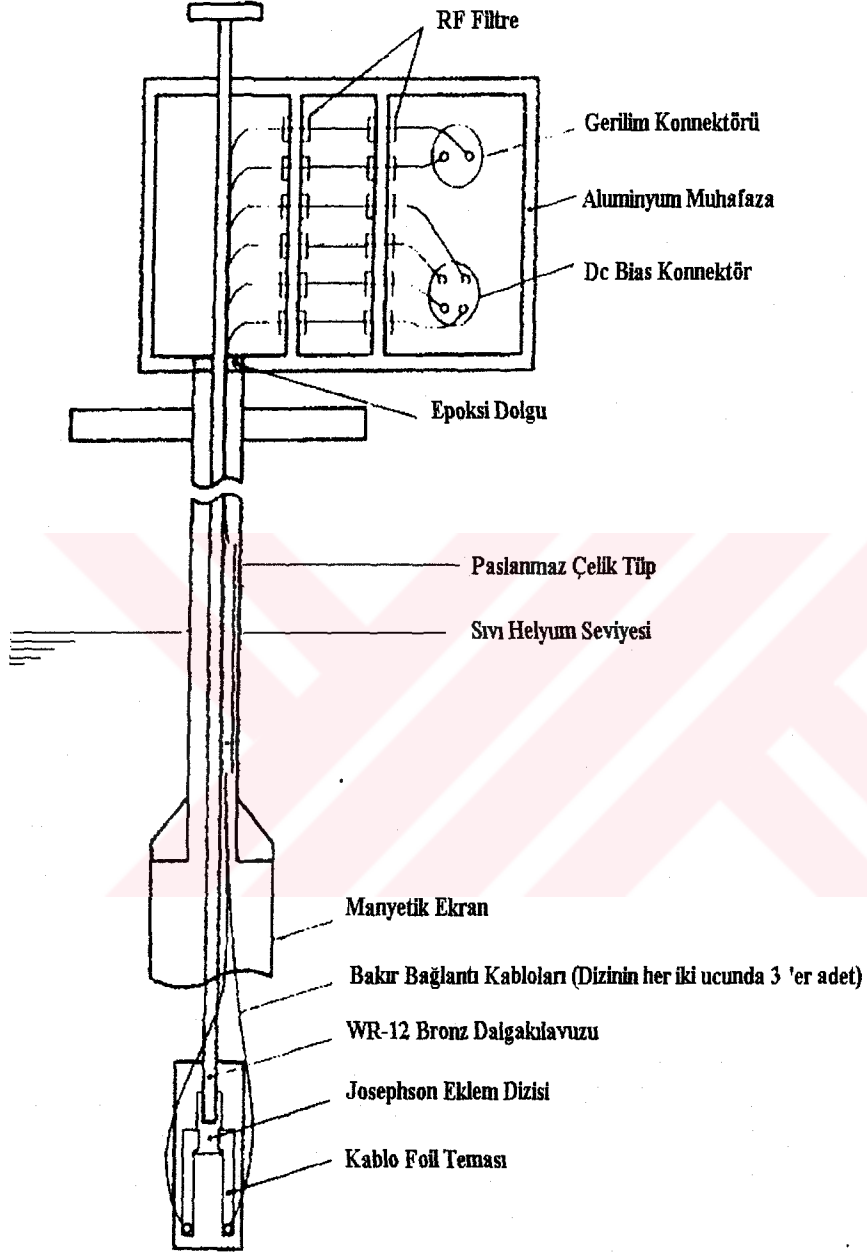
Prob içinde kullanılan dalgakılavuzunun mikrodalga kaybı 1V entegresi için 6 dB, 10V entegresi için ise 4 dB’den düşük olmalıdır. Bu amaçla prob yapımında çeşitli dalgakılavuzları kullanılmakta olup, özellikleri Şekil 2.8’de verilmektedir.



Şekil 2.8. Prob içinde kullanılan dalgakılavuzu tipleri

Bu üç tip dalgakılavuzu kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler, dalgakılavuzlarındaki kaybın dikdörtgenel tip için 6-9 dB/m, dielektrik tipi için 2-3 dB/m, dairesel tip için ise 1.6-1.8 dB/m olduğunu göstermektedir. Bu kayıp değerleri, dalgakılavuzunda ve dalgakılavuzunu sisteme bağlayan ve kılavuzun iki ucunda yer alan arabirimlerdeki kayıpların toplamıdır.

En çok kullanılan dalgakılavuzu tipi, uygun fiyatı dolayısıyla dikdörtgenel dalgakılavuzudur. Daha sonra dielektrik dalgakılavuzları kullanılmakta olup, son yıllarda düşük kayıp değerleri dikkate alınarak dairesel dalgakılavuzu kullanımına başlanmıştır.

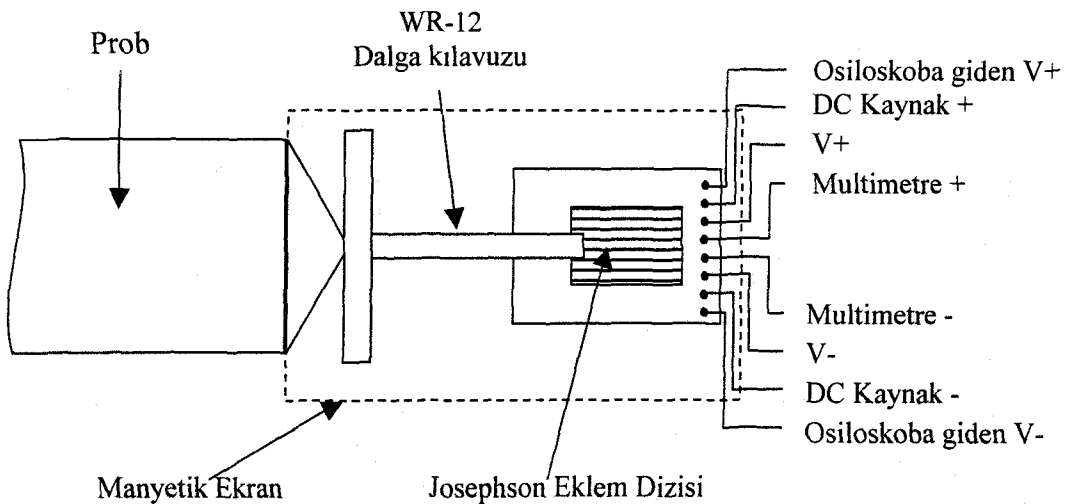


Şekil 2.7. Josephson dizisinin sıvı helyum içinde soğutulmasında kullanılan prob

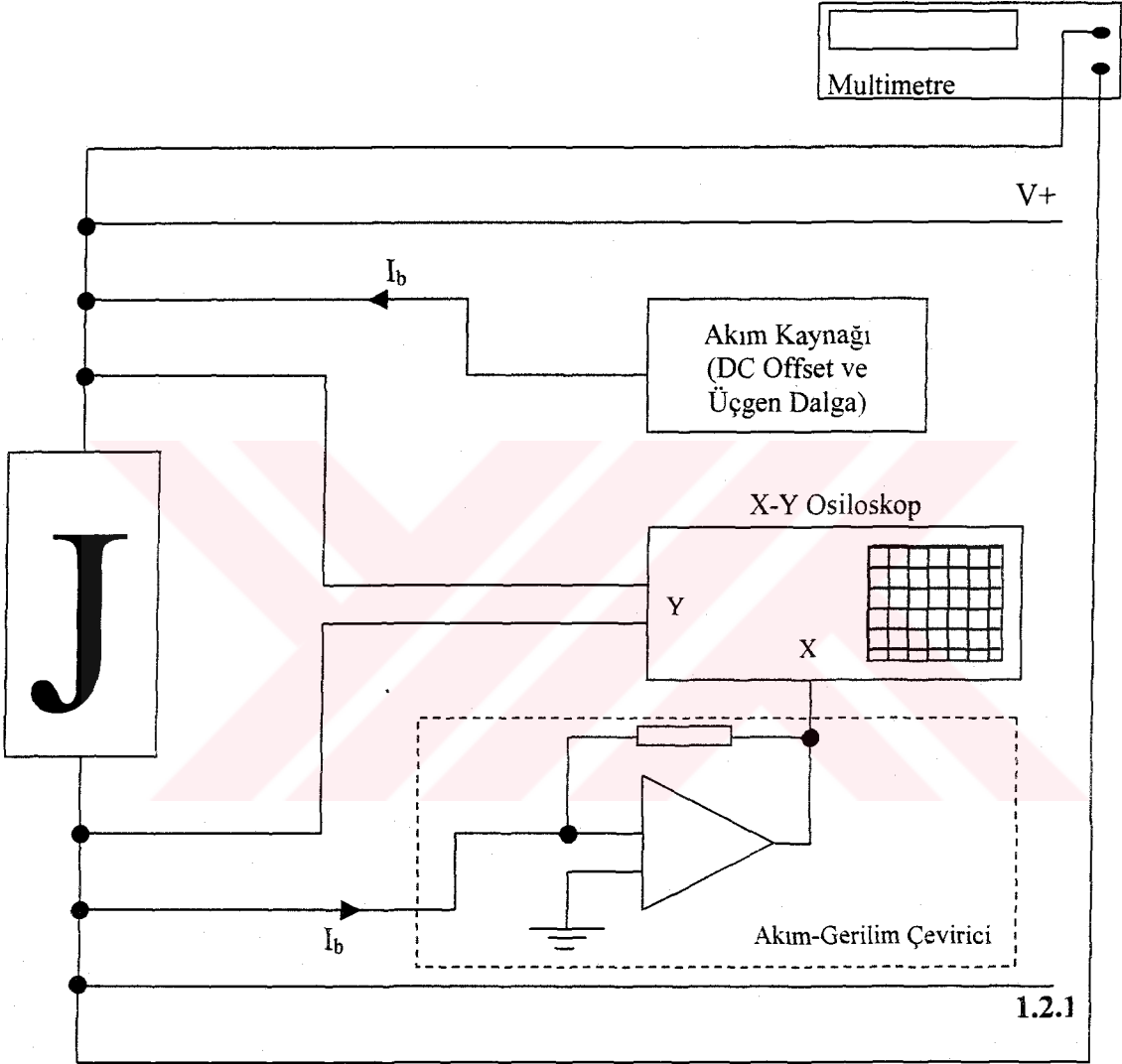
UME 10V Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı'nda kullanılan Prob PTB yapımı olup, genliği zayıflatılarak diziye uygulanan mikrodalga, prob içinde yer alan dairesel dalgakılavuzu ile dizi üzerine gönderilmektedir. Dalga kılavuzundaki kayıp 1 dB/m iken, kılavuzu sisteme bağlayan arabirimlerdeki kayıp 0.3 dB'dir. Gunn osilatör, çiftleyici, karıştırıcı ve zayıflatıcı sistemi, probun üst kısmına monte edilmektedir.

Prob içinde dizi ve diziye giden tüm bağlantı kabloları tamamen ekranlanmıştır. Sabit gerilim adımları arasında gürültü nedeniyle oluşan atlamaların önlenmesi amacıyla diziye giden tüm bağlantılar prob girişinde filtrelenmektedir. Ayrıca istenmeyen toprak döngüsünün önlenmesi için mikrodalga kaynak ve mikser probdan izole edilmiştir.

Isıl gerilim hatalarının minimize edilmesi için prob içinde bakır ısılıçift kablosu kullanılmıştır. Prob içinde her iki yönde 4 kablo olmak üzere 8 adet kablo kullanılmıştır. Bu 8 kablonun 6'sı diziye bias akımının uygulanması, Josephson gerilimini voltmetre ile ölçülmesi ve I-V grafiğinin osiloskopta gözlenmesi amacıyla kullanılmakta olup tek bir konnektöre bağlıdır. Diğer 2 kablo ise dizi gerilim çıkışları için olup ayrı bir konnektör üzerindedir. Probun sisteme bağlantı konfigürasyonları Şekil 2.9 ve 2.10'da gösterilmektedir.



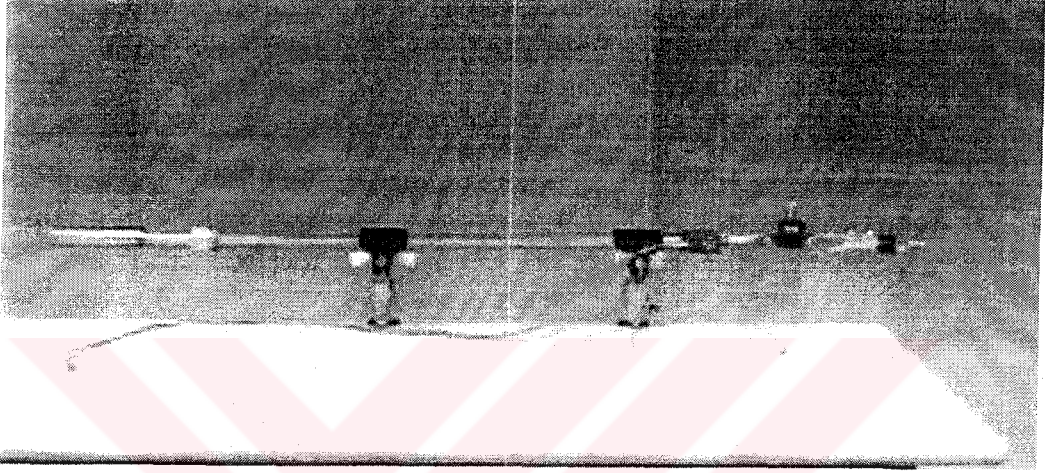
Şekil 2.9. Josephson Eklem Dizisinin sisteme bağlantı konfigürasyonu



Şekil 2.10. Josephson Eklm Dizisinin sisteme bağlanış şeması



UME JEDGS'ında dizinin monte edilerek sıvı He'a daldırılmasında kullanılan prob, Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de gösterilmektedir. Probun He içinde kalan ve Josephson eklem dizisi entegresini koruyan alt bölümü, manyetik alan etkisinin en aza indirilmesi amacıyla  $\mu$ -metalden yapılmıştır. Probun yüksekliği 120 cm olup, en geniş çap genişliği 38 mm'dir.



**Şekil 2.11.** UME JEDGS'ında kullanılan PTB yapımı prob



Şekil 2.12. UME JEDGS'nda kullanılan Josephson Eklem Dizisi'nin proba bağlantısı

### 2.2.3. Referans frekans standardı ve faz kilitleme modülü

Josephson gerilim standartlarında kullanılan mikrodalga güç kaynağı 70-100 GHz arasında 60-100 mW güç sağlayan Gunn diyottur. Gunn osilatörden uygulanan güç bir zayıflatıcı (attenuator) kullanılarak kontrol edilmekte ve dizinin optimum çalışma noktası belirlenmektedir.

Josephson etkisinin matematiksel ifadesinde de görüldüğü gibi, dizi geriliminin doğruluğu doğrudan frekans doğruluğuna bağlıdır. Aynı zamanda oluşan gerilim adımlarının kararlılığı, uygulanan mikrodalğanın gürültüsü ile de orantılıdır. Bu nedenle Gunn diyodun frekansı, kolay ölçülebilir ve frekans gürültüsü düşük-yüksek spektral özellikte 10 MHz Rb frekans standardının frekansına kilitlenmek suretiyle frekans yeterli doğruluk ve hassasiyette kontrol edilmektedir.

Bu amaçla kullanılan çeşitli teknikler mevcut olup, yapılan ölçümler, frekans gürültüsünün en düşük olduğu tekniğin faz kilitleme tekniği (Phase Lock Loop-PLL) olduğunu göstermektedir (Andreone ve Godone 1997). UME JEDGS'ında frekans gürültüsünden kaynaklanan Josephson geriliminin standart sapmasının  $10^{-12}$ 'ler mertebesinde ölçüldüğü faz kilitleme tekniği kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan 75 GHz Gunn osilatörün bandgenişliği 2 kHz olup, bu değer faz kilitleme kontrol modülünü bandgenişliğinden oldukça küçüktür.

UME JEDGS, sadece 74.99 GHz'de çalışan bir sistemdir. Sistemin tek frekansta çalışması dizinin sadece bu frekansta çalışabileceği şeklinde algılanmamalıdır. Bu durum, dizinin çalışma frekansı ile ilgili olmayıp, sadece sistemde kullanılan 75 GHz Gunn diyodun fazını 10 MHz Rb referans standardına kilitleyen faz kilitleme modülünden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, faz kilitleme modülünün değiştirilmesi ile, JEDGS değişik frekanslarda da çalışabilir özelliktedir.

Çalışma frekansının 74.99 GHz olması dolayısıyla UME JEDGS'ından elde edilen Josephson gerilim değerleri;

$$V_J(n) = n \frac{f}{K_J} = n \frac{74.99\text{GHz}}{483579.9\text{GH z/V}} = n \times 155.0668438 \mu\text{V} \quad (2.7)$$

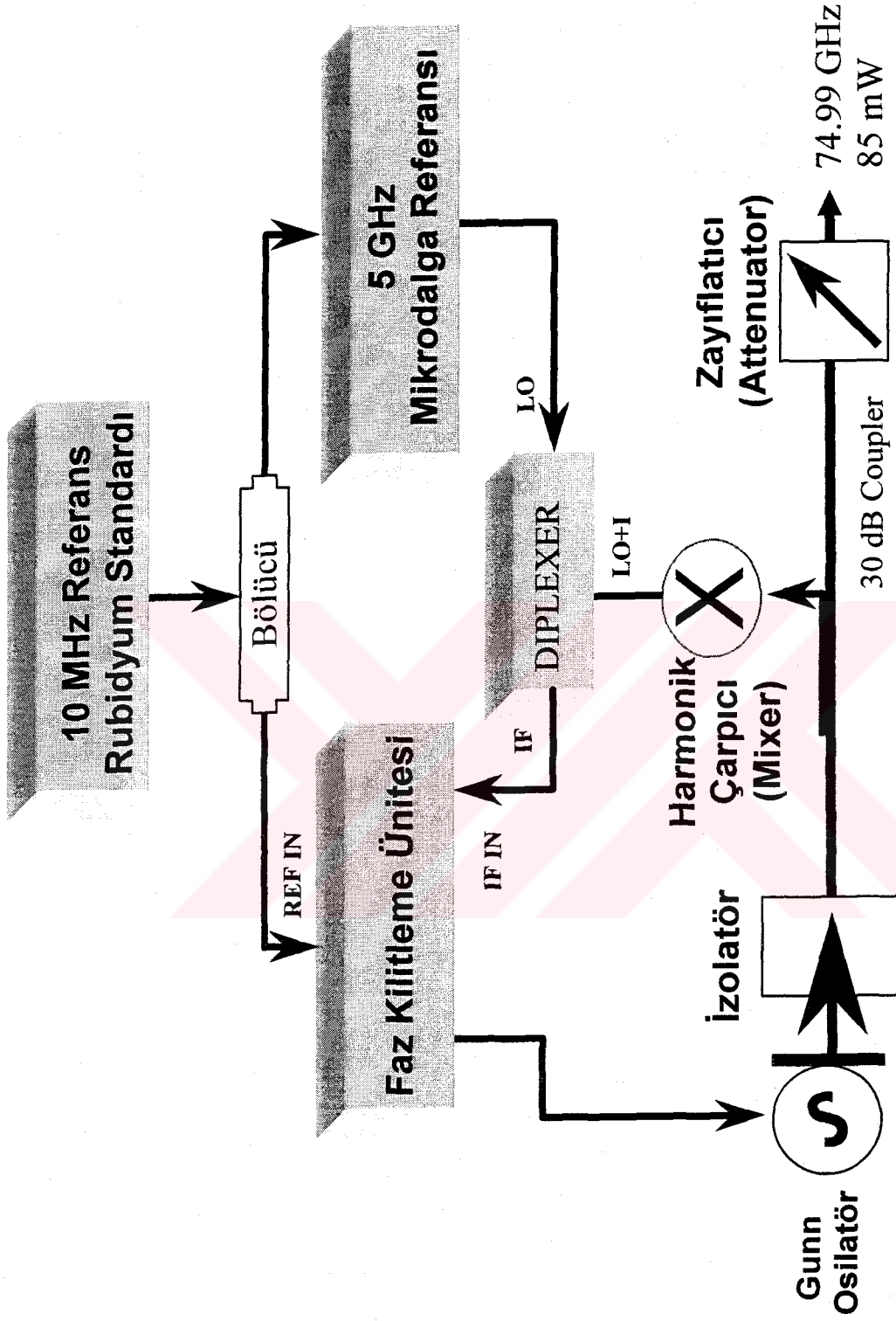
denklemleri ile ifade edilebilmektedir. Adım sayısı  $n$ 'in belirlenmesi ile Josephson gerilim değeri Denklem 2.7 kullanılarak hesaplanır. Görüldüğü gibi UME JEDGS ile elde edilen iki ardışık Josephson gerilim adımı arasındaki gerilim farkı  $155.0668438 \mu\text{V}$ 'dur.

Sistemde kullanılan referans frekans standardı, Quartzlock Instrument tarafından üretilmiş olan Model 10A Rubidyum Atomik Frekans Standardıdır. Standardın nominal frekansı, +8 dBm ( $\pm 2$  dBm) genliğinde 10 MHz olup, frekans kararlılığı  $1 \times 10^{-11}$ 'dir.

UME 10 Volt JEDGS'ında kullanılan faz kilitleme modülü ise, Farran Technology Limited tarafından üretilen PLO-12-100-75E model PLL'dir.

Faz kilitleme modülü, Gunn osilatörü yüksek spektral saflıkta ve kullanımı kolay düşük frekans standardının harmoniğine kilitleyen gerekli devrelerden oluşmaktadır. Modül, aynı zamanda Gunn osilatörün çalışma noktasını belirleyen, diğer bir deyişle osilatöre güç sağlayan güç kaynağı devresini de içermektedir. Osilatöre bu kaynaktan uygulanan gerilim, 5.7 V-6.1 V arasında değiştirilebilmektedir.

Şekil 2.13'de faz kilitleme sistemi sisteminin blok şeması verilmiştir. 5 GHz mikrodalga referansı, 10 MHz Rubidyum referansı ile kilitleyerek sistemin referansını oluşturur. Sistem, Gunn osilatörün bu referansın 15. harmoniği ile 10 MHz farkına kilitlemesi suretiyle 74.99 GHz'de çıkış frekansı oluşturmaktadır. Bu durumda 74.99 GHz frekansının doğruluğu, Rubidyum referansının doğruluğuna eşittir. Zayıflatıcı çıkışında ölçülen maksimum güç 85 mW'dir.



Şekil 2.13. UME JEDGS Faz kilitleme sistemi

#### 2.2.4. Fark ölçen voltmetre

Josephson gerilimi ile kalibre edilen standardın gerilim farkını ölçen voltmetre, kazanç hatası ve gürültü seviyesi düşük, çözünürlüğü 10 nV'dan iyi, kaçak direnci  $10^{11}$ 'den yüksek olan bir voltmetre olmalıdır. UME JEDGS'ında bu amaçla kullanılan voltmetre, özellikle düşük gerilim ölçümleri için üretilmiş olan Keithley 182 hassas sayısal voltmetredir.

Keithley 182 Voltmetre bu özelliklerini yanısıra, artık pek çok multimetrede bulunan bir dizi ölçüm olarak ölçüm sonuçlarını içindeki CPU ile analiz etme ve IEEE-488 iletişim sistemi ile kontrol edilebilme özelliğine de sahiptir. Bu özelliği ile bir dizi ölçümün ortalama değerini almak ve standart sapmayı görmek suretiyle ölçüm güvenilirliğini arttırmak mümkündür. Voltmetre ölçümler esnasında en düşük ölçüm bölgesi olan 3 mV ölçüm bölgesinde kullanılmaktadır.

JEDGS ile gerçekleştirilen ölçümlerde, Josephson gerilimi ile kalibre edilen standardın değeri tam olarak eşit olmadığından gerilim farkını ölçen voltmetrenin kazanç ve doğrusallık hatası da ölçümlerde önemli bir etkendir.

Voltmetrenin bağıl kazanç hatası, kazancın 1'den farklı olabileceği dikkate alınarak;

$$E = (G - 1) \frac{V_{DVM}}{V_R} \quad (2.8)$$

denklemleri ile belirlenir. Denklikte G voltmetrenin kazancı,  $V_{DVM}$  ölçülen gerilim,  $V_R$  ise referansın nominal değeridir. Örneğin, UME sisteminde kullanılan Keithley 182 voltmetrenin kazancı kalibrasyon yoluyla 0.9999908 olarak belirlenmiş olsun. 10V referans kalibrasyonunda voltmetre ile ölçülen fark gerilimi 30  $\mu$ V ise ölçümdeki voltmetre hatası;

$$E = (0.9999908 - 1) \frac{30 \times 10^{-6}}{10} = -0.03 \times 10^{-9} \quad (2.9)$$

olarak hesaplanır.

Voltmetrenin kazancı ise;

$$G = \frac{V_{\text{ölçülen}} - V_0}{V_{\text{range}}} \quad (2.10)$$

denklemini ile belirlenir. Denkleminde  $V_{\text{ölçülen}}$  voltmetreye ölçüm bölgesinde maksimum gerilimin uygulanması durumunda ölçülen değer,  $V_0$  sıfır gerilimde ölçülen değer,  $V_{\text{range}}$  ise voltmetrenin ölçüm bölgesidir. Keithley 182'nin 3 mV ölçüm bölgesinde kazancının belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümlerde uygulanan Josephson gerilimi 2.946270 mV iken voltmetre ile bu gerilim değeri 2.946255 mV olarak ölçülmüştür. 0 giriş geriliminde ise ölçülen gerilim 0.000012 mV'dur. Bu durumda voltmetrenin kazancı,

$$G = \frac{2.946255 - 0.000012}{2.946270} = 0.9999908 \quad (2.11)$$

olarak bulunur.

### 2.2.5. Josephson gerilim adımını belirleyen multimetre

UME JEDGS sisteminde Josephson gerilim adımının değeri, Josephson eklem dizisine doğrudan filtre sistemi üzerinden bağlı HP 3458A multimetre kullanılarak belirlenebilmektedir.

Doğruluğunun Josephson geriliminin doğruluğundan daha iyi olması beklenemeyen multimetrenin ölçüm doğruluğunun, iki Josephson gerilim adımı arasındaki farkın yarısından, yani 75  $\mu\text{V}$ 'dan iyi olması Josephson gerilim değerinin belirlenebilmesi için yeterli şarttır. HP 3458A multimetre ise 10 V'da yıllık kayması 40  $\mu\text{V}$  oluşu sebebiyle bu şartı sağlayan bir multimetredir. Multimetrenin kalibrasyonu UME gerilim laboratuvarında 6 aylık periyotlarla gerçekleştirilmekte olup doğruluğu kontrol altında tutulmaktadır.

### 2.2.6. Akım kaynağı

İstenilen gerilim adımının elde edilmesi için çalışma noktasını belirleyen akım kaynağı Josephson eklem dizisine,  $\pm 10V$ 'a kadar DC ofset ve Josephson adımının osiloskop ile gözlenebilmesi için 0.5 Hz-100 Hz aralığında frekansı ayarlanabilir üçgen akım sağlamaktadır. DC ofset oldukça kararlı ve ayarlanabilir. PTB yapımı olan akım kaynağı, gürültü faktörü göz önüne alınarak şebeke gerilim yerine piller ile beslenmektedir.

### 2.2.7. Anahtar

Standartların bağlantılarını tersleyen anahtar bakır plakalardan oluşturulmuştur. Bir ucu bakır diğer ucu ısı iletimi oldukça düşük bir malzemedan yapılmış çubuklar kullanılarak bu bakır plakalar kısa devre edilmekte ve istenilen bağlantı konfigürasyonu sağlanmaktadır. Sistemden anahtara gelen kablolar da bakırdır. Bu şekilde termal emf hataları en aza indirilmiştir. Bilindiği gibi Cu/Cu bağlantısının termal emf değeri  $0.02 \mu V/^\circ C$  olup elde edilebilecek en küçük değerdir.

### 2.2.8. Sıvı helyum tankı

UME Gerilim Laboratuvarında, probun He içinde muhafazası için, elektromanyetik ekranlama özelliğine sahip iki farklı sıvı helyum tankı kullanılmaktadır. Tanklarda biri 38 litre diğeri ise 60 litre kapasitede olup, sistemde kullanılan probun çapının 38 mm oluşu sebebiyle, 50 mm çapında boyun genişliğine sahiptirler.

Tank içindeki sıvı He, zamanla sıcaklık etkisi ile gaz hale geçmektedir. Oluşan He gazı, UME He geridönüşüm sistemine gönderilmektedir. Ancak, gazın bir kısmı, prob ve flanşlardaki kaçaıklardan havaya karışmaktadır. Bu nedenlerle, probun içinde kullanılabilir He seviyesi belirli bir süre için tankta mevcuttur. Bu süre 38 litrelik tank için yaklaşık 9 gün, 60 litrelik tank için de 20 gün civarındadır.

Laboratuvarda kullanılan tankların özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir.



**Tablo 2.2.** UME JEDGS'ında kullanılan He tanklarına ait teknik özellikler

<b>Özellikler</b>	<b>38 lt</b>	<b>60 lt</b>
Üretici Firma	L'air Liquide	Wessington Cryogenic Limited
Model No	RH 38	CH 60
Kapasite	38 lt	60 lt
Günlük He kaybı	1.9 %	2.7 %
Boş ağırlık	23 kg	79 kg
Dolu ağırlık	27.5 kg	87 kg
Boyun Genişliği	50 mm	50 mm
Dış çap	460 mm	540 mm
Yükseklik	920 mm	1260 mm

### 3. AKIM KAYNAĞININ ÇALIŞMA PRENSİBİ

İstenilen Josephson gerilim adımının elde edilmesi için çalışma noktasını belirleyen akım kaynağı, Josephson eklem dizisine,  $\pm 10V$  aralığında DC ofset ve Josephson adımının osiloskop ile gözlenebilmesi için genliği ayarlanabilir üçgen akım sağlamaktadır. Akım kaynağı, gürültü faktörü göz önüne alınarak şebeke gerilimi yerine piller ile beslenmektedir.

Akım kaynağı, iki ayrı modda kullanılmaktadır. Birincisi, Josephson dizisinin sağlıklı çalışıp çalışmadığının bir göstergesi olan DC karakteristik eğrisinin, osiloskop ekranında gözlenmesini sağlayan “karakteristik” modu, ikincisi ise JEDGS çıkışında  $\pm 10V$  aralığında gerilim adımlarının elde edilmesi sırasında kullanılan “kalibrasyon” modudur.

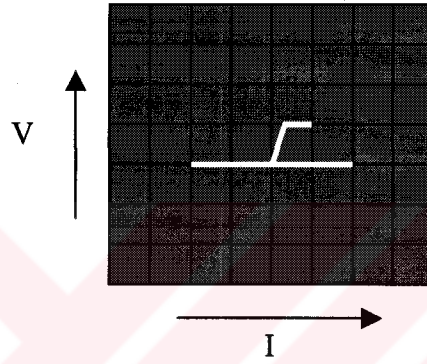
#### 3.1. “Karakteristik” Modu

Bu modda, akım kaynağı çıkışından diziye üçgen akım uygulanarak, dizinin DC karakteristik eğrisinin osiloskop ekranında gözlenmesi sağlanır. Bu amaçla “karakteristik” modunda akım kaynağı üzerindeki “ $I_1$ ” ve “ $I_2$ ” kontrolleri, üçgen dalganın genliğini değiştirerek DC karakteristik eğrisinin gözlenmesini sağlar. “Frequency” kontrolü ise üçgen dalganın frekans ayarını yapar. Bu iki kontrolle maksimum 1.1 mA’lik üçgen akım elde edilir.

DC karakteristik eğrisinin osiloskop ekranında gözlenebilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilir.

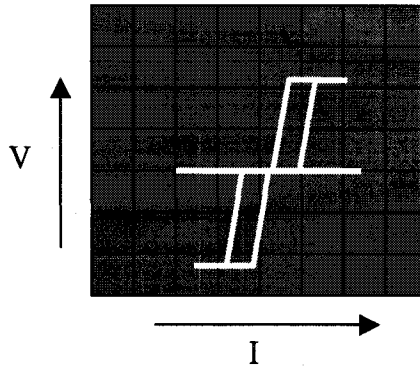
- i. Akım kaynağı üzerinde yer alan, HP3458A multimetreyi diziye bağlayan DVM anahtarı “OFF” konumuna alınır.

- ii. Akım kaynağı üzerinde bulunan “DC OFFSET” anahtarı “OFF” pozisyonuna alınır.
- iii. Akım kaynağı üzerinde bulunan “kalibrasyon/karakteristik” anahtarı “karakteristik” konumuna alınır.
- iv. Osiloskop DC modda 2 mV, 50 mV bölgesine ayarlanır.
- v. “ $I_1$ ” akımı yavaş yavaş artırılarak, Şekil 3.1’de verilen DC karakteristiğin osiloskop ekranında ilk görüldüğü durumdaki akım değeri kaydedilir. Bu değer minimum kritik akım olup değeri her dizi için farklıdır. UME dizisinin minimum kritik akım değeri yaklaşık 270  $\mu\text{A}$ ’dir.



**Şekil 3.1.** DC karakteristik eğrisinin ilk görüldüğü anki durumu

- vi. Osiloskop 5 V, 50 mV ölçüm bölgesine alınır.
- vii. Şekil 3.2’de verilen simetrik karakteristik eğrisi gözlenene kadar “ $I_1$ ” akımı arttırılmaya devam edilir. (Bu durumda akım değeri yaklaşık 430  $\mu\text{A}$ ’dir.)



**Şekil 3.2.** DC karakteristik eğrisi

- viii. DC karakteristik eğrisinden gerilim değeri ölçülür. Bu değer 10V'dan büyük bir değer olmalıdır.
- ix. Diziden alınabilecek en büyük gerilim değerinin saptanması için osiloskobun başlangıç eksenini aşağıya çekilerek 2V, 50 mV ölçüm bölgesine alınır.
- x. Zayıflatıcı ayarlanmak suretiyle sisteme güç uygulanmaya başlanır. Bu arada karakteristik eğrisinde gerilim adımları görülmeye başlanır. Diziden 10V alınabilmesi için adımlar 5. kareye kadar çıkmalıdır.

### 3.2 “Kalibrasyon” Modu

Bu modda Josephson dizisine, DC ofsetli bir üçgen akım uygulanır. Bu amaçla “kalibrasyon” modunda “ $I_1$ ” kontrolü, 1 mA genliğinde bir DC akım ve “ $I_2$ ” kontrolü ise Josephson gerilim adımının osiloskop ekranında gözlenebilmesi için bu DC akım üzerine bindirilmiş bir üçgen dalga akımı sağlar.

Kaynağın sadece “kalibrasyon” modunda kullanılan ve  $\pm 10V$  aralığında DC ofset veren bölümü ise diziden elde edilmek istenen DC gerilim değerini belirler. Örneğin, diziden 4 V'luk bir gerilim değeri elde edilmek isteniyorsa, DC ofset çıkışı 4 V'a ayarlanır.

“Kalibrasyon” modunda Josephson gerilim adımının yakalanması için uygulanan prosedür aşağıda verilmiştir.

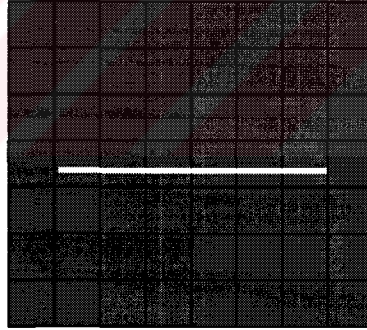
- i. Osiloskobun Y eksenini modülü (sol modül) “AC mod” ve 500  $\mu V$  ölçüm bölgesine, X eksenini modülü ise “DC mod” ve 5 mV ölçüm bölgesine ayarlanır.
- ii. Akım kaynağı üzerinde yer alan, HP3458A multimetreyi diziye bağlayan DVM anahtarı “ON” konumuna alınır.
- iii. “ $I_1$ ” ve “ $I_2$ ” akımları sıfırlanır.
- iv. Akım kaynağı üzerinde bulunan “kalibrasyon/karakteristik” anahtarı “kalibrasyon” konumuna alınır.
- v. “OFSET” “OFF” pozisyonundan “ON” pozisyonuna alınarak diziye ofset gerilim uygulanır.
- vi. “ $I_1$ ” akımı biraz artırılır. (200  $\mu A$ )

- vii. “ $I_2$ ” akımı artırılarak adım genişliği artırılır.
- viii. İstenen gerilim adımının yaklaşık değeri HP3458A multimetre ile ölçülünceye kadar DC ofset gerilim değeri ayarlanır.
- ix. Faz kilitlemesi kontrol edilir. Kilitlenme sağlandığı durumda “PLO Control Module” üzerinde bulunan kırmızı LED yanmaktadır.
- x. LED yanmıyorsa, modül üzerinden  $V_{LG}$  ve  $V_{OP}$  gerilimleri ayarlanır. Bu gerilimler kilitlenme durumunda yaklaşık olarak şu değerlerdedirler:

$V_{LG}$	1.70-1.80
$V_{OP}$	2.10-2.20

Bu durumda, sürücü devre üzerindeki göstergeden okunan gerilim değeri yaklaşık olarak 5.85 V’dur.

- xi. Faz kilitlemesi sağlandıktan sonra, zayıflatıcı ayarlanarak diziye güç vermeye başlanır. Uygulanan güç artırılırken “step” tuşuna basılarak osiloskop ekranında gerilim adımı gözlenir (Şekil 3.3).

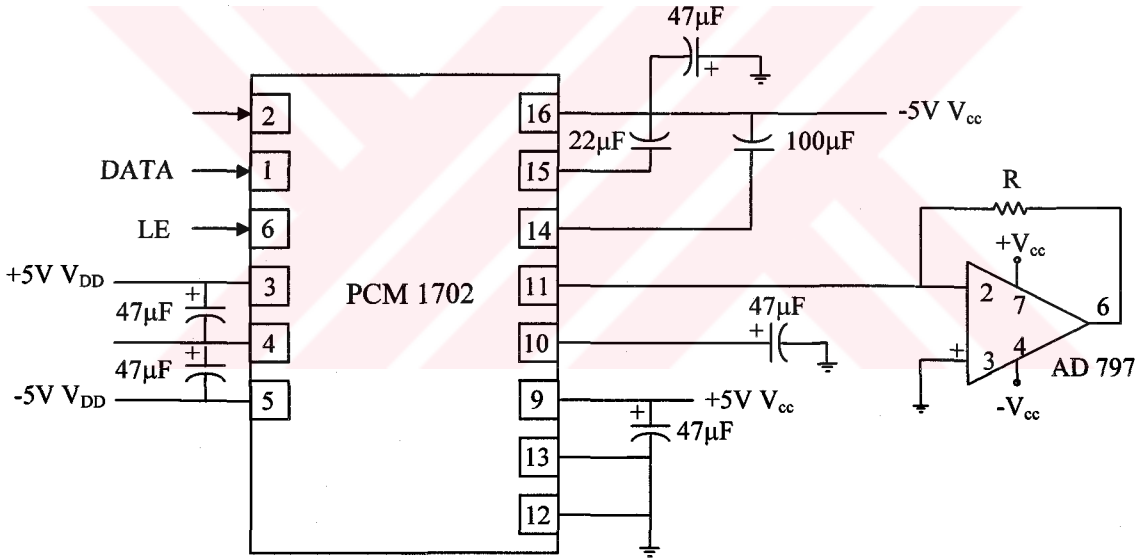


**Şekil 3.3.** Josephson adımı

- xii. Eğer adım yakalanamıyorsa adım genişliği “ $I_2$ ” akımının azaltılmasıyla daraltılır.
- xiii. Diziye uygulanan güç üzerinde tekrar ayarlamalar yapılır. Uygulanan güç ayarlanırken “step” tuşuna basılarak osiloskop ekranında gerilim adımı gözlenir.

#### 4. -10V ve +10V GERİLİM ARALIĞINDA ÇALIŞAN DC OFSET BÖLÜMÜ

Akım kaynağının  $\pm 10V$ 'luk ayarlanabilir DC ofset bölümü, bilgisayar ile kontrol olanağının sağlanması amacıyla, 8032 mikrodenetleyici tabanlı bir program geliştirme kartı ile sürülen, 20 bitlik DAC kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1'de DAC devresi görülmektedir. DAC'ın "clock", "data" ve "Latch Enable (LE)" girişleri, sırasıyla mikrodenetleyicinin P1.0, P1.1 ve P1.2 çıkışlarından elde edilmiştir. 8032 mikrodenetleyici tabanlı program geliştirme kartı için "assembler" dilinde program yazılmıştır.



Şekil 4.1. 20 bitlik DAC devresi

#### 4.1. Mikrodenetleyiciler ve 8051 Ailesi

Mikrodenetleyici, bir tümdevre üzerinde üretilen bilgisayara denir. Bir mikrodenetleyici tümdevresinde bulunan hafıza, giriş/çıkış ve diğer donanım alt sistemleri, bu işlemcinin bir çok uygulama içinde, gömülü olarak doğrudan ve tek başına, bir mikroişlemciye göre çok daha basit ve ucuz arabirim teknikleriyle,

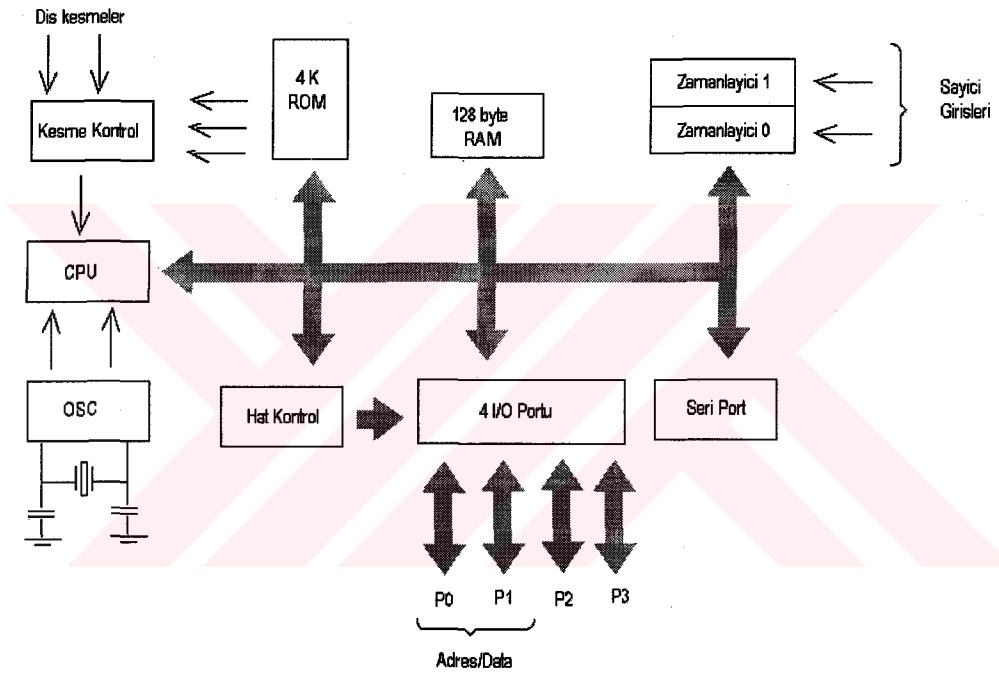
kontrol amaçlı olarak kullanılmasını sağlar. Mikrodenetleyiciler otomobillerde; motor kontrol, elektrik ve iç panel kontrol, kameralarda; ışık ve odaklama kontrol gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bilgisayarlar, telefon ve modem gibi çeşitli haberleşme cihazları, CD (compact disk) teknolojisi, özel amaçlı elektronik kartlar ve sayılamayacak kadar çok alanda, mikrodenetleyiciler yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Bu kadar geniş uygulamalarda kullanılan mikrodenetleyiciler, tümdevre üzerinde yer alan çok değişik donanım özellikleri sunmaktadır. Bu özelliklerden bazıları şunlardır: Paralel ve seri giriş/çıkış (I/O-Input/Output) port'ları, zamanlayıcı/sayıcılar, Analog/Sayısal Dönüştürücüler (ADC-Analog Digital Converter), Rasgele Erişimli Hafıza (RAM-Random Access Memory), Salt Okunabilir Hafıza (ROM-Read Only Memory), Silinebilir ve Programlanabilir Salt Okunabilir Hafıza, (EPROM-Eraseble Programmable Read Only Memory) ve Elektriksel Olarak Silinebilir ve Programlanabilir Salt Okunabilir Hafıza (EEPROM-Electrically Eraseble Programmable Read Only Memory) gibi değişik kapasitelerde ve özelliklerde hafıza birimleri.

8051, Intel firması tarafından, 1980'lerin başında piyasaya sunulan, dünyanın en popüler 8-bit mikrodenetleyicisidir. Bu mikrodenetleyici için, başta Intel olmak üzere, pek çok üretici firma (Philips, Dallas, Siemens, Oki ve Matra/Harris gibi) geniş bir donanım ve yazılım desteği sunmuş ve bunun neticesinde 8051, 1980'lerden bugüne, bir endüstri standardı olmuştur.

8051 mikrodenetleyici entegresinin temel blok iç şeması Şekil 4.2'de gösterilmiştir. 8051 entegresi, 4Kx8 ROM iç hafızaya, ve 128Kx8 RAM iç hafızaya sahiptir. Entegre iki adet 16 bit sayıcı/zamanlayıcıya ve beş adet dış kesme çıkışına sahiptir. Entegrenin dış cihazlarla seri haberleşmesi için TXD (transmit data) ve RXD (receive data) hatları bulunmaktadır. Entegre 4 adet 8-bit paralel I/O kapısına (P0,P1,P2,P3) sahiptir. Bu ailenin 8052 üyesi ise 8K ROM ve 256 RAM hafızaya ve 3 adet sayıcı/zamanlayıcıya sahiptir. 8051'in diğer versiyonları 8751 ve 8031 entegreleridir.

8031, dahili ROM'u olmayıp 128 byte dahili RAM hafızaya sahip olması temel özelliği ile diğer ürünlerden ayrılmaktadır. 8031, ayrıca diğer pek çok üründe de

olan, iki adet zamanlayıcı/sayıcı, bir seri port, dört tane genel amaçlı paralel I/O port'ları ile, beş adet kesme için kesme kontrol lojiğine sahiptir. Dahili RAM'ın yanında 8031, kontrol ve veri saklayıcıları olarak kullanılan çeşitli özel fonksiyon saklayıcı'larına (SFR-Special Function Register) sahiptir. SFR'ler, akümülator (A), B saklayıcısı ve Merkezi İşlem Birimi (CPU-Central Processing Unit) bayraklarını tutan Program Durum Kelimesi (PSW-Program Status Word) gibi saklayıcıları içermektedir. 8031'in dahili birimlerinin programlanması, uygun kontrol kelimelerinin, bu birimlere ait SFR'lere yazılmasıyla gerçekleştirilir. Gelişmiş 8051 ürünlerinin farklı bölümlerinin programlanması, ek SFR'ler yoluyla yapılmaktadır.



**Şekil 4.2.** 4K ROM ve 128 byte iç hafızalı bir 8051 entegresinin blok şeması

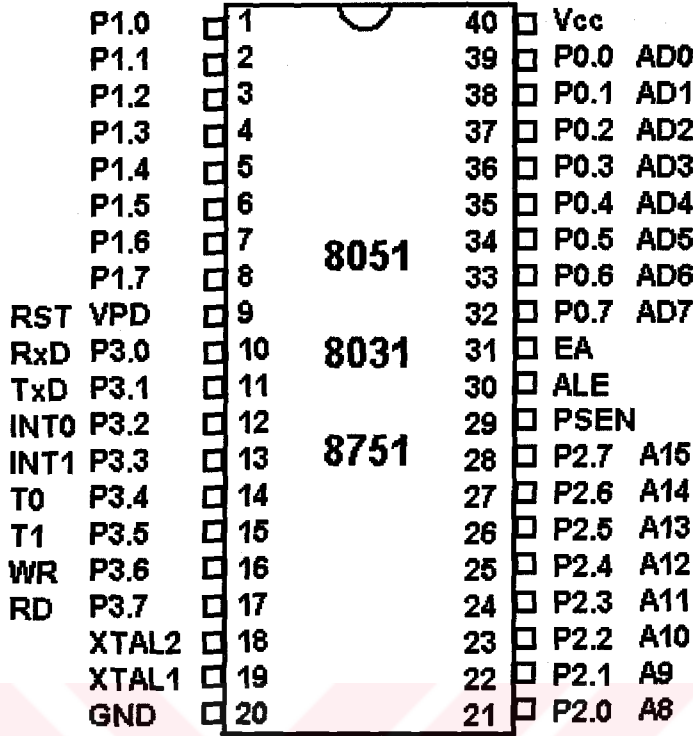
#### 4.1.1. 8051 tümdevre uç fonksiyonları

8051, 40 bacaklı bir entegredir. Dört I/O birimi için 32 tane bacağa gereksinim vardır. Bu nedenle, bacaklardan çoğu birden fazla fonksiyonu gerçekleştirebilmek için tasarlanmıştır. Şekil 4.3'de 8051 entegresinin bacak bağlantıları görülmektedir.

VCC: Besleme gerilimi.

VSS: Tümdevre toprağı.





Şekil 4.3. 8051 serisi entegrelerin bacak bağlantı şeması

Port 0 (P0): 8-bit, açık kollektör (open-drain), iki yönlü I/O port'udur. P0 uçlarına program ile 1 yazılması durumunda, yüksek empedanslı giriş uçları olarak kullanılabilir. P0 aynı zamanda, harici program hafızaya ve veri hafızaya erişimlerde, seçmeli düşük değerli adres/veri yolu (AD<sub>7</sub>-AD<sub>0</sub>) olarak da kullanılabilir. Bu durumda çalışırken, P0, dışarı lojik 1 işareti göndermede, dahili pull-up'lar olarak çalışan Alan Etkili Transistörleri (FET-Field Effect Transistor) kullanır.

P0, EPROM'lu ürünlerin programlanmasında, işlem kod byte'larını alır ve ROM ve EPROM program doğrulamasında, işlem kod byte'ları, buradan dışarı çıkar. Program doğrulama işleminde, harici pull-up dirençlerine ihtiyaç vardır .

Port 1 (P1): 8-bit dahili pullup dirençlere sahip, iki yönlü I/O port'udur. Uçlarına program ile lojik 1 yazılan P1, dahili pullup'lar ile yüksek lojik 1 seviyesine çekilir ve bu durumda giriş olarak kullanılabilir.

Tümdevre içinde bulunan dahili pullup'lar yüzünden, harici olarak, pullup'lar ile düşük seviyeye çekilen uçlardan akan akım, tümdevreden dışarı doğru çıkar.

EPROM'lu ürünlerin programlanmasında ve ROM ve EPROM'ların program doğrulama işlemleri esnasında, P1, düşük değerli adres byte'larını alır.

Port 2 (P2): 8-bit dahili pullup dirençlere sahip iki yönlü I/O port'udur. Uçlarına program ile lojik 1 yazılan P2, dahili pullup'lar ile yüksek lojik 1 seviyesine çekilir ve bu durumda giriş olarak kullanılabilir.

Tümdevre içinde bulunan dahili pullup'lar yüzünden, harici olarak, pullup'lar ile düşük seviyeye çekilen uçlardan akan akım, tümdevreden dışarı doğru çıkar.

Harici program hafızadan okumalarda ve 16-bit adresler kullanan (MOVX @DPTR) harici veri hafızaya erişimlerde, P2 yüksek değerli adres byte'ını çıkarır. Bu durumda çalışırken, P2 dışarı lojik 1 işareti göndermede, dahili pullup dirençlerini kullanır.

8-bit adresler kullanan (MOVX @Ri) harici veri hafızaya erişimlerde, P2 port'u, P2 SFR içeriklerini dışarıya gönderir.

EPROM'lu ürünlerin programlanmasında, ROM ve EPROM'ların program doğrulama işlemleri esnasında, P2 yüksek değerli adres byte'larını alır.

Port 3 (P3): 8-bit dahili pullup dirençlere sahip iki yönlü I/O port'udur. Uçlarına program ile lojik 1 yazılan P3, dahili pullup'lar ile yüksek lojik 1 seviyesine çekilir ve bu durumda giriş olarak kullanılabilir .

Tümdevre içinde bulunan dahili pullup'lar yüzünden, harici olarak, pullup'lar ile düşük seviyeye çekilen uçlardan akan akım, tümdevreden dışarı doğru çıkar.

Port 3 ayrıca Tablo 4.1'de görülen alternatif fonksiyonlara sahiptir.

**Tablo 4.1.** Port 3 uçlarının alternatif fonksiyonları

Pin Numarası	Alternatif Fonksiyonu
P3.0	RXD (Seri Giriş)
P3.1	TXD (Seri Çıkış)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (Harici Kesme 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (Harici Kesme 1)
P3.4	T0 (Zamanlayıcı/Sayıcı 0 Harici Giriş)
P3.5	T1 (Zamanlayıcı/Sayıcı 1 Harici Giriş)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (Harici Hafıza Yazma Sinyali)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (Harici Hafıza Okuma Sinyali)

RST: Osilatör çalışırken, 2 makine çevrimi kadar bu uç üzerindeki bir yüksek seviye, (lojik 1) işlemciyi sıfırlar.

ALE /  $\overline{\text{PROG}}$  (ALE-Address Latch Enable): Bu çıkış sinyali, harici hafızaya erişimlerde adresin düşük değerli byte'ını, çıkıştaki adres mandal (latch)'ına tutturmada kullanılır. Bu sinyalin görevi 8085A, 8088/8086 işlemcilerindeki ALE sinyali ile aynıdır. Bu uç aynı zamanda, EPROM'lu ürünlerin programlanması sırasında, program darbe girişidir.

$\overline{\text{PSEN}}$  (Program Store Enable): Bu çıkış, harici program hafızadan okuma sinyalidir.  $\overline{\text{PSEN}}$  harici program hafızadan okumalarda, her makine çevriminde iki defa aktif olur. Bununla beraber, harici veri hafızaya her erişimde  $\overline{\text{PSEN}}$ , sinyalinin 2 aktif durumu geçilmektedir.  $\overline{\text{PSEN}}$ , dahili program hafızadan okumalarda aktif değildir.

$\overline{\text{EA}} / \text{VPP}$  ( $\overline{\text{EA}}$ -External Access): Bu uç, düşük seviye (lojik 0) yapıldığında, işlemci 0000h'tan başlayıp FFFFh'a kadar hafıza hücrelerini, harici program hafızadan okuyacak hale getirilir.  $\overline{\text{EA}}$  sinyali mutlaka 1 veya 0 seviyesinde olup, boşta

birakılmamalıdır. Bu bacak aynı zamanda, EPROM'lu ürünlerin programlanması sırasında, programlama besleme voltajını ( $V_{PP}$ ) alır.

XTAL 1: Osilatör girişi.

XTAL2: Osilatör çıkışı.

#### 4.1.2. 8051 ailesinin hafıza yapısı

8051 entegresinin adres alanları, dört farklı alana bölünmüştür. Bunlar iç veri hafızası, dış veri hafızası, iç kod hafızası ve dış kod hafızasıdır.

8051 64K'ya kadar dış geçici hafıza alanını ve 64K'ya kadar dış kod hafızasını desteklemektedir. Dış hafıza kullanmanın en önemli dezavantajları, devrenin büyümesi ve P0 ve P2'nin adres ve veri hattı olarak dış hafıza elemanına bağlanması gereğidir.

8051 bir reset sinyali aldığı anda veya 8051 entegresine ilk güç verildiğinde, program sayıcısı 0000h adresinden başlayarak, hafızadaki bilgileri okumaya ve bu bilgileri işlemeye başlar. Eğer  $\overline{EA}$  hattı düşük tutulmuşsa, ilk hafıza hücresi olarak dış hafızanın birinci elemanı alınır. Mikrodenetleyici,  $\overline{PSEN}$  sinyalini düşük yapar ve dış hafıza birimi aktif olur.

Eğer  $\overline{EA}$  yüksek tutulursa, birinci hafıza elemanı iç kod hafızasının ilk elemanıdır. İlk 4K'lık program kodu iç hafızadan, daha üst hafızalardaki program kodu ise otomatik olarak dış hafızadan okunur.

Eğer uygulama büyük miktarda veri hafızasına gereksinim duyuyorsa, bu durumda dış RAM kullanılabilir. Dış RAM elemanı ile veri alışverişi, "MOVX" komutlarıyla yapılır. Program içerisinde bir "MOVX" komutu görüldüğünde, 8051 otomatik olarak dış RAM ile ilgili bir veri iletişimi olduğunu anlar ve uygun  $\overline{WR}$ ,  $\overline{RD}$  sinyallerini aktif eder.

Eğer 128 bayt (8052 için 256 bayt) RAM yeterliyse, iç RAM hafızayı kullanmak daha avantajlıdır. Çünkü iç hafızaya erişmek çok daha hızlıdır ve iç hafıza ile bilgi alışverişi için pek çok komut tipi sunulmuştur.

8051 RAM hafıza, temel olarak iki bloktan oluşmuştur. Birinci grup 00h'dan 7Fh'a kadar adreslenmiş toplam 128 bayt'tan oluşur. İkinci grup ise özel fonksiyon veri gözleri olarak adlandırılır ve 7Fh'dan FFh'a kadar adreslidir. Her bir adres, bir bayt'lık bir hafıza dilimine karşılık gelmektedir. Bu sayede kod alanına giriş kolaylaşır ve veri alışverişi hızlanır.

İç RAM hafızanın dökümü şöyledir: İlk 256 bit, 4 grup 8 bayt veri gözünden oluşmuştur. Her bir gruptaki veri gözleri R0..R7 olarak adlandırılmışlardır. Bu gözlerle direkt olarak veri gözünün ismi verilerek ulaşılabilir. Bu dört gruptan hangisinin seçileceği PSW'deki, gerekli grup seçme bitlerinin seçilmesiyle yapılır. Bundan sonra gelen 128 bitlik bölüm bit adreslenebilir bölümdür. Burası 20h ile 2Fh arasında adreslidir. Buradaki her bir bite tek tek ulaşılabilir. Dolayısıyla buradaki bitler ON/OFF bayrakları içeren değişkenler için kullanılması gereken bölümdür.

30h'dan 7Fh'a kadar kısım, genel amaçlı veri saklama ve yığın için kullanılır.

İkinci 128 bayt'lık grup, özel fonksiyon veri gözlerinden oluşmaktadır. Bu özel fonksiyon veri gözleri, hem program kodunun işlenmesi için gerekli birimleri, hem de 8051 içindeki donanımla ilgili birimleri içerir. Tablo 4.2 özel fonksiyon veri gözlerinin isimlerini, adreslerini ve fonksiyonlarını vermektedir. Bir özel fonksiyon veri gözünün adresi yalnızca 1 bayt'tır. Fakat özel fonksiyon veri gözüne ulaşmak için, bu gözün adresini verilebileceği gibi, veri gözünün ismi de belirtilebilir. Bu veri gözlerinden bazıları bit adreslenebilir veri gözleridir. Tablo 4.3 program durum saklayıcısındaki, bitlerin sembollerini, adreslerini ve fonksiyonlarını göstermektedir.

**Tablo 4.2.** Özel fonksiyon veri gözlerinin isimleri, adresleri ve fonksiyonları

Veri Gözü	Adres	Fonksiyon
P0	80h*	Port 0
SP	81h	Stak işaretleyici
DPL	82h	Veri işaretleyici (düşük)
DPH	82h	Veri işaretleyici (yüksek)
PCON	87h	Güç kontrolü
TCON	88h	Zamanlayıcı/sayıcı veri gözü
TMOD	89h*	Zamanlayıcı/sayıcı modu
TL0	8Ah	Zamanlayıcı/sayıcı 0 (düşük)
TL1	8Bh	Zamanlayıcı/sayıcı 0 (yüksek)
TH0	8Ch	Zamanlayıcı/sayıcı 1 (düşük)
TH1	8Dh	Zamanlayıcı/sayıcı 1 (yüksek)
P1	90h*	Port 1
SCON	98h*	Seri alışveriş kontrol
SBUF	99h	Seri alışveriş veri buffer
P2	A0h*	Port 2
IE	A8h*	Kesme aktifleme
P3	B0h*	Port 3
IP	B8h*	Kesme önceliği
PSW	D0h*	Program durumu
ACC	E0h*	Akümülatör
B	F0h*	B veri gözü

\* Bit adreslenebilir veri gözleri

**Tablo 4.3.** Program durum saklayıcısındaki bitlerin sembolleri, adresleri ve fonksiyonları

Sembol	Adres	Fonksiyon
CY	D0H.7	Elde bayrağı
AC	D0H.6	Yedek elde bayrağı
F0	D0H.5	Genel amaçlı bayrak
RS1	D0H.4	Veri gözü seçme (MSB-Most Significant Byte)
RS0	D0H.3	Veri gözü seçme (LSB-Low Significant Byte)
OV	D0H.2	Taşma bayrağı
--	D0H.1	Kullanıcı tanımlanabilir bayrak
P	D0H.0	Parite bayrağı

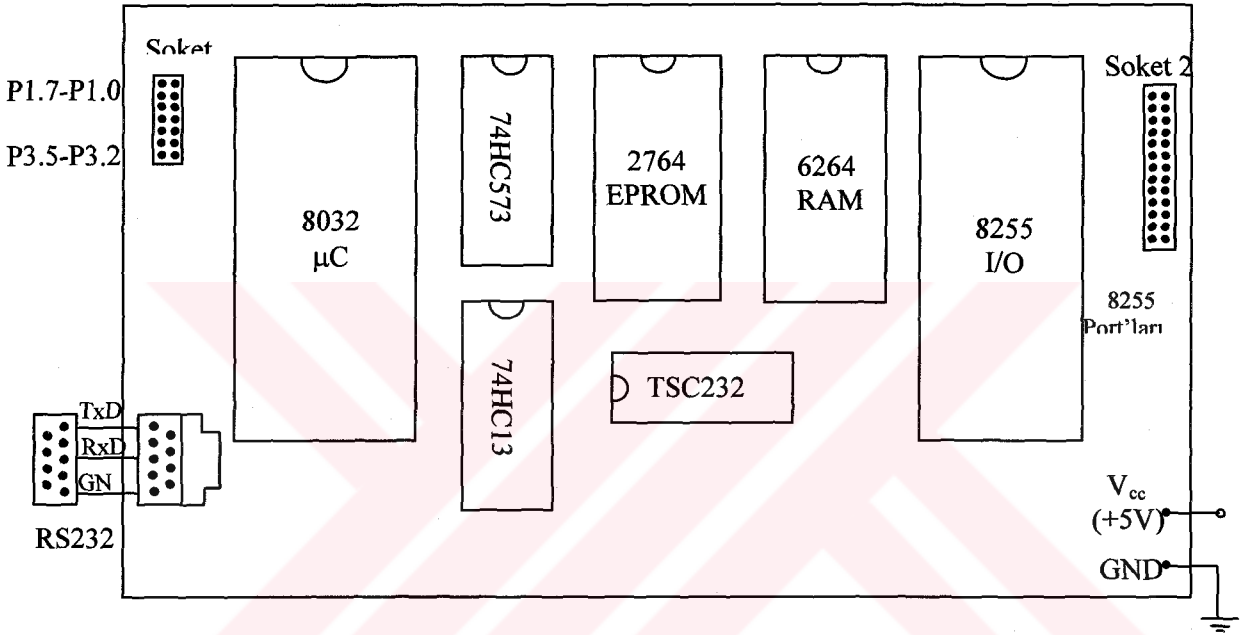
#### 4.2. 8051 İçin Program Geliştirme Kartı

Bir mikrodnetleyici için program geliştirme ortamı denince, bir bilgisayar ve üzerinde çalışan çeşitli yazılımlar (assembler, linker, simulator, bilgisayar debugger-geliştirme kartındaki monitor'le paralel çalışan bilgisayar yazılımı gibi programlar) ve bilgisayara genellikle seri olarak bağlanan elektronik bir kart akla gelir. Bu kart üzerinde, program geliştirmek istenilen mikrodnetleyici bulunur. Bu kart, içerdiği elektronik devrelerin karmaşıklığına göre, deneme veya devreiçi deneme kartı olarak adlandırılır. Kullanılan program geliştirme kartı da, 8051 ailesi için hazırlanmış basit bir deneme kartı olup, pek çok karmaşık donanım ve yazılım uygulamaları için de yeterlidir.

Geliştirme kartının sistem programı olan monitör programı, bilgisayar'dan karta program yüklemekte, yüklü programı çalıştırmakta, çalışan program için bilgisayarın ekranını çıkış ve klavyesini giriş birimi olarak kullanma imkanı vermekte ve ayrıca, kart üzeri veri alanlarını gösterip değişiklikler yapmayı sağlamaktadır.

#### 4.2.1. Geliştirme kartı donanımı

Kullanılan program geliştirme kartı, 8051 ailesine ait tümdevre üzeri ROM'u olmayan, 8032 mikrodnetleyicisi tabanlı bir geliştirme kartıdır. Şekil 4.4' de geliştirme kartında yer alan devre elemanlarının karta yerleşim planı verilmiştir. Bu kartta kullanılan devre elemanlarının listesi ve fonksiyonları ise Tablo 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Geliştirme kartı devre elemanları yerleşim planı

Geliştirme kartının dış dünya ile haberleşmesinde kullanılan 3 soket bağlantısı bulunmaktadır. Bunlar: Soket 1, Soket 2 ve RS232 soketidir.

Soket 1: Şekil 4.4'de sol üst köşede görülen Soket 1 ile, mikrodnetleyicinin Port 1 hatlarının tamamını (P1.7 ... P1.0) ve ayrıca Port 3'ün 4 hattını P3.5 (T1), P3.4 (T0), P3.3 (INT1), P3.2 (INT0), kullanmak mümkündür.

Soket 2: 8255A'nın 8-bit'lik A, B ve C port'ları için ayrılmıştır. Eğer soket 1 ile sunulan mikrodnetleyicinin I/O hatları, hedef uygulama için yeterli değil ise, 8255A programlanabilir çevre birimi bu soket yoluyla kullanılabilir. Mikrodnetleyicinin I/O hatları, yapılan uygulama için yeterli olduğu için, 8255A kullanılmamıştır.



**Tablo 4.4.** Geliştirme kartında kullanılan devre elemanları

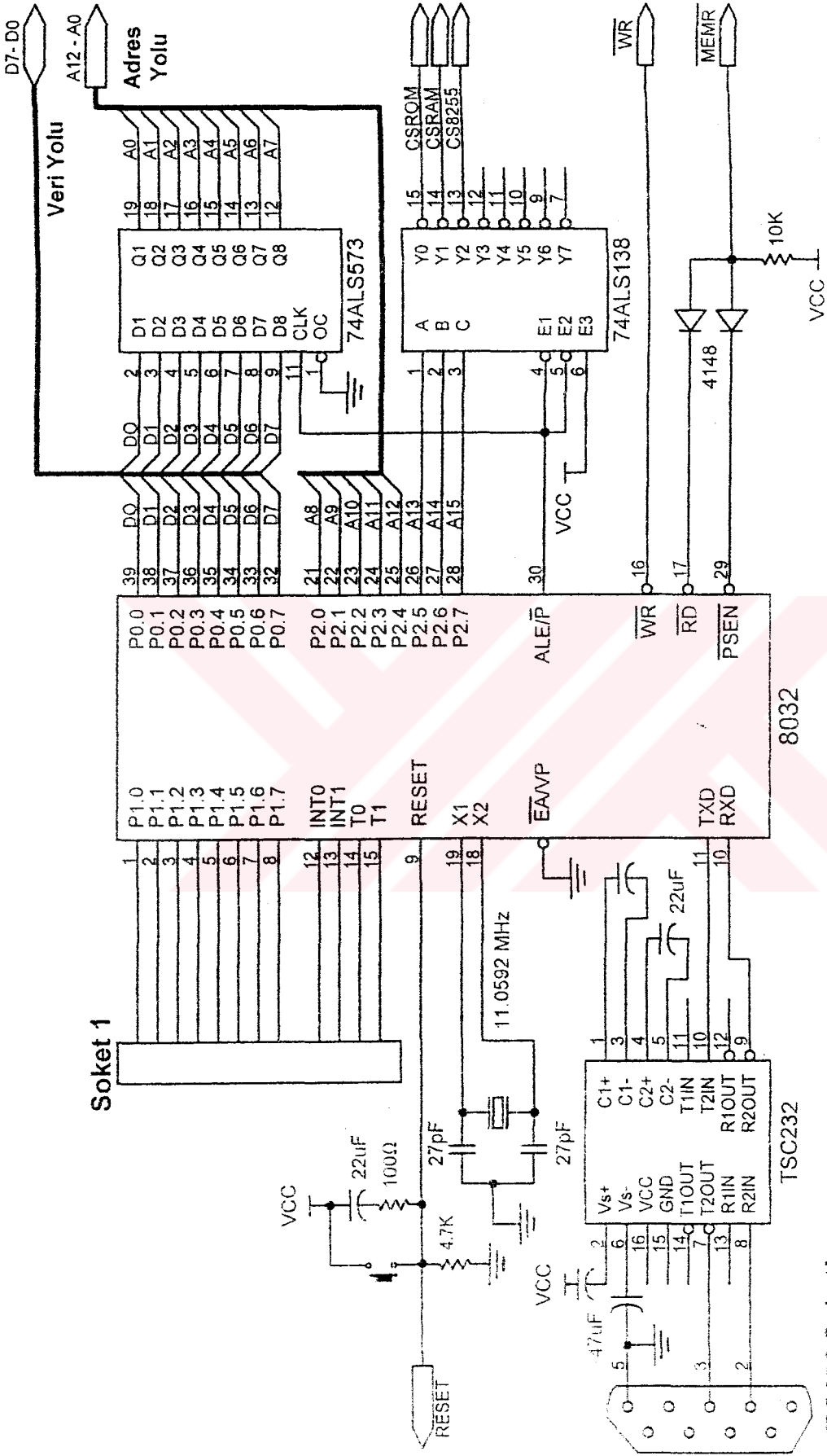
<b>Devre Elemanı</b>	<b>Fonksiyonu</b>
8032	Mikrodenetleyici
8255A Programlanabilir I/O	Fazladan Giriş/Çıkış desteği
6264 8K RAM	Veri ve Program Hafıza
2764 8KEPROM	Monitor Program Hafıza
74ALS573	Adres latch
74ALS138	Adres kod çözücü
TSC232 Serial Line Buffer	RS232 sürücüsü
26'lı Erkek Konnektör	8255A port'ları için (Soket 2)
14'lü Erkek Konnektör	P1 ve P3.5-P3.2 için (Soket 1)
9'lu Erkek Konnektör	RS232 Soketi
Kristal (11.0592 MHz)	Mikrodenetleyici kristali
Kondansatör 27 pF (2 adet)	Kristal için
Kondansatör 22 µF (2 adet)	TSC232 için
Kondansatör 47 µF (2 adet)	TSC232 için
Kondansatör 22 µF	Reset devresi için
Direnç 4. 7KΩ ve 100Ω	Reset devresi için
Diod 4148 (2 adet)	Wired-AND fonksiyonu için
Direnç 10K	Wired-AND
Kondansatör 100 nF (7 adet)	Parazit önlemek için

RS232 Soketi: Geliştirme kartının bilgisayar ile haberleşmesinde kullanılmaktadır. Bilgisayar ile haberleşmede sadece 3 sinyal hattına (TxD, RxD ve GND-Ground) gerek vardır.

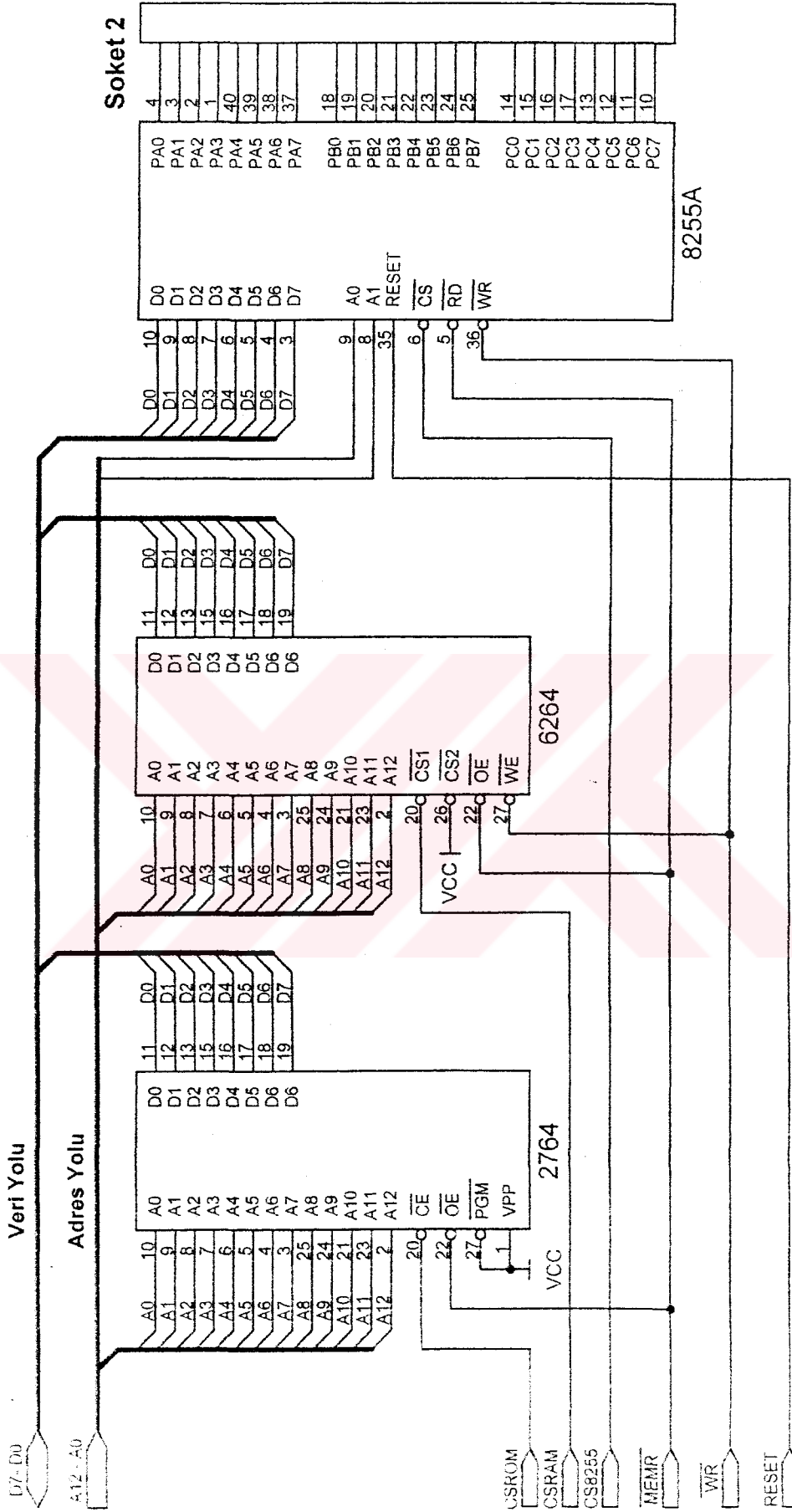
Şekil 4.4'de devre elemanlarının yerleşim planı verilen geliştirme kartının devre şeması, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir. Şekil 4.5'de, geliştirme kartının işlemci, kod çözücü, adres latch'ı ve RS232 bölümü, Şekil 4.6'da ise, EPROM, RAM ve 8255A bölümü verilmiştir.

İşlemcinin (8032) yer aldığı birinci bölümde, adres yolu ( $A_{12}-A_0$ ) ve veri yolu ( $D_7 - D_0$ ) oluşturulmakta, 74ALS138 kod çözücü devresi ile EPROM (2764), RAM (6264) ve 8255A için tümdevre seçme sinyalleri üretilmektedir. Ayrıca, mikrodenetleyicinin üretmiş olduğu TxD ve RxD sinyalleri, TSC232 tümdevresi ile, RS232 sinyal seviyesine çıkartılmakta ve PC seri haberleşmesinde kullanılmaktadır. Şekil 4.5'de görülen, işlemcinin üretmiş olduğu  $\overline{RD}$  ve  $\overline{PSEN}$  sinyalleri, iki diod ile birleştirilerek VE (AND) fonksiyonu elde edilir (Wired-AND işlemi). Bu AND kapısının çıkışında,  $\overline{MEMR}$  sinyali elde edilir. Bu sinyal, hafıza birimlerinden okuma sinyali olarak kullanılır ve bu sayede veri hafıza ve program hafızaların aynı hafıza adres alanında yer alması sağlanır. 8255A birimi de hafıza adres alanı içinde yer aldığı için,  $\overline{MEMR}$  bu cihazın  $\overline{RD}$  girişine bağlanmıştır.

Şekil 4.6'da yer alan EPROM (2764), monitör programının yerleştirileceği hafıza birimidir. 8K byte'lık bir EPROM, verilen basit monitör programı için çok büyük olmasına karşın, ileride olabilecek monitör değişiklikleri için, EPROM kapasitesi 8K olarak seçilmiştir. EPROM hafıza, 0000h adresinden başlamaktadır. RAM hafıza (6264) da 8K byte'dır ve EPROM hafızadan hemen sonra 2000h adresine yerleştirilmiştir. RAM hafızanın son adresinden (3FFFh) hemen sonra, programlanabilir I/O birimi 8255A, 4000h adresinden başlamakta ve toplam 4 adresi (4000h -4003h) işgal etmektedir.



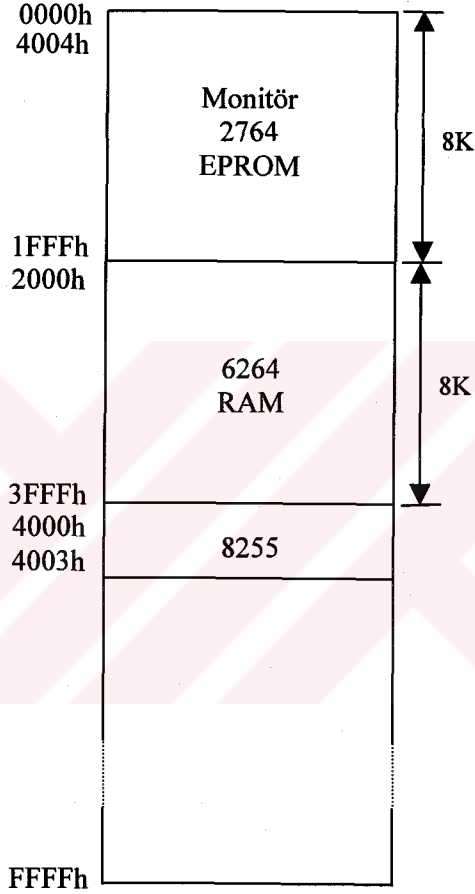
Şekil 4.5. Geliştirme kartının mikrodenetleyici, kod çözücü, adres latch'i ve RS 232 bölümü



Şekil 4.6. Geliştirme kartının EPROM, RAM ve 8255A bölümü

#### 4.2.2. Geliştirme kartının hafıza haritası ve kod çözümü

Geliştirme ortamının hafıza tasarımında, program hafıza ile veri hafızaların birleştirilmesiyle oluşan “Von Neuman” mimarisi kullanılmaktadır. Program hafıza ve veri hafızası, 64K byte’lık bir hafıza adres bloğunda birlikte yer almaktadır. Geliştirme kartının hafıza haritası Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7. Geliştirme kartının hafıza haritası

Kart üzerindeki kod çözümü, 74ALS138 tümdevresi ile gerçekleştirilir. Mikrodenetleyicinin ALE çıkışı, 74ALS138 için, aktif etme sinyali olarak kullanılır. Adres hatları A<sub>15</sub>, A<sub>14</sub> ve A<sub>13</sub>, 74LS138’in girişleridir. Bu şekilde yapılan bir adres kod çözümünde, mikrodenetleyicinin 64K byte’lık hafıza adres alanı kod çözücünün çıkışlarından, 8 tane 8K byte’lık bloklara bölünmüş olarak elde edilir.

Hafıza haritasında 0 adresinden itibaren, ilk 8K byte’lık alanda, monitör programının

yer aldığı EPROM (2764) bulunur. Bu hafıza, adres hatlarında 0000h-1FFFh üretildiği zaman, kod çözücünün Y0 çıkışı tarafından aktif hale getirilir. İkinci 8K byte'lık hafıza bloğunda, program ve veri hafızası olan RAM (6264) bulunur. Bu hafıza, adres hatlarında 2000h-3FFFh üretildiği zaman, kod çözücünün Y1 çıkışı tarafından aktif hale getirilir.

8255A geniş bir kullanım alanı olan, Intel firmasına ait çoğu mikroişlemci ve mikrodenetleyici ile kullanılabilen, programlanabilir, genel amaçlı önemli bir paralel I/O birimidir. Basit I/O ve kesmeli I/O gibi değişik veri transferleri için programlanabilir. Bu birim ile geliştirme kartının I/O kapasitesi artırılır. Giriş ve çıkış birimi olan 8255A, hafıza adres haritasının 4000h adresinden itibaren 4 adres işgal eder.

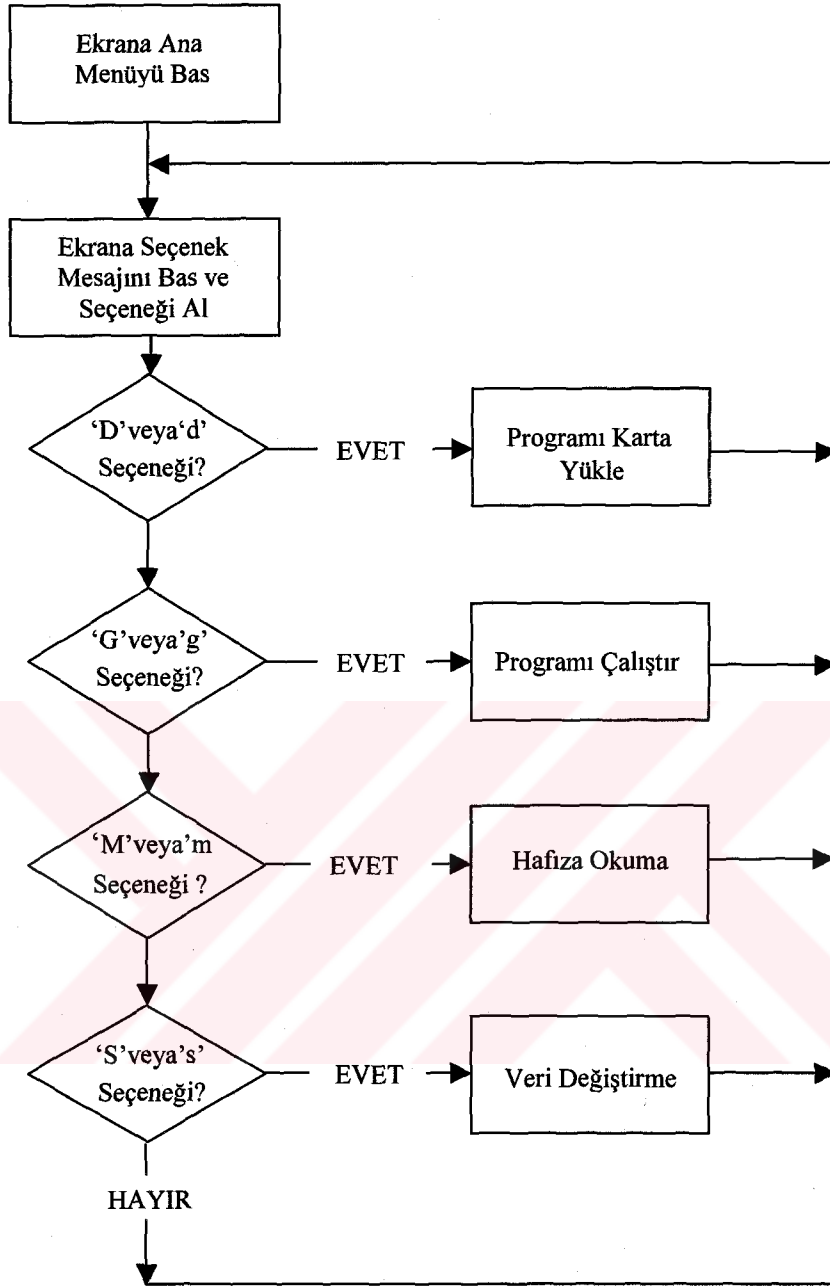
#### 4.2.3. Geliştirme kartı monitör programı

Geliştirme kartının monitör programı EPROM'da yer almaktadır. Bu program, 4 tane tek-harf (küçük veya büyük) komutlara cevap vermektedir. Bunlar:

'D' (veya 'd')	download (karta program yükleme);
'G' (veya 'g')	go (programı çalıştırma);
'M' (veya 'm')	memory (hafıza inceleme);
'S' (veya 's')	substitute (hafızadaki verileri değiştirme).

Yukarıdaki komutları yürüten monitör programının basitleştirilmiş akış diyagramı Şekil 4.8'de verilmiştir.

Monitör programının başında uzun bir dosya başlığı bulunmaktadır. Bu başlıkta monitörün genel yapısıyla ilgili önemli bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, monitör programında yer alan alt programlar kısaca tanıtılmıştır. Bu uzun başlıktan sonra program kodları gelmektedir.



**Şekil 4.8.** Monitör programı akış şeması

Monitör program kodlarının hemen başında, aşağıdaki kesme tablosu oluşturulmuş, yani ilgili kesme hizmet alt programlarının RAM başlangıç adresleri yerleştirilmiştir.

Sıfırlama (reset)	0000h
Harici Kesme 0	2000h
Zamanlayıcı/Sayıcı 0	2004h

Harici Kesme 1	2008h
Zamanlayıcı/Sayıcı 1	200Ch
Seri Port	2010h

Yukarıda verilen tabloyu tanımlayan ve kesme hizmet programlarına program akışını yönlendiren 8051 kodları aşağıda verilmiştir.

ORG 0000h ; Program RESET adresi  
JMP START

ORG 0003h ; Harici Kesme 0  
JMP 2000h

ORG 000Bh ; Zamanlayıcı/Sayıcı 0 kesme adresi  
JMP 2004h

ORG 0013h ; Harici kesme 1  
JMP 2008h

ORG 001Bh ; Zamanlayıcı/Sayıcı 0 kesme adresi  
JMP 200Ch

ORG 0023h ; Seri port kesme adresi  
JMP 2010h

Yukarıdaki tanımlamalara göre, örneğin; Harici Kesme 0, kullanıcı programı tarafından aktif edildiğinde, bu kesmenin oluşması durumunda, program akışı RAM'in başlangıcı olan 2000h adresine dallanacaktır. Bu adresten hemen sonra 2004h adresi de Zamanlayıcı/Sayıcı 0 dallanma adresi olarak ayrıldığı için, 2000h adresine, Harici Kesme 0, kesme hizmet programının yazılması yerine, kesme hizmet programına dallanan ikinci bir dallanma komutunun (JMP) konulması daha uygundur.

Monitörün çalışmaya başlama adresi (START) 0030h'tır. Bu adresten itibaren önce,



19200 baud'ta bilgisayar haberleşmesi için gereken ilk işlemler yapılır ve bilgisayarda çalışan PROCOMM gibi bir seri haberleşme programı ile iletişim beklenmeye başlanır. Bilgisayardaki seri iletişim programı ile bir iletişim kurulduğu an, monitör programının sonunda HELPMES adlı sembolden itibaren tanımlı olan, aşağıda verilen ana menü, bilgisayar ekranına basılır ve bu komutlardan biri girilir.

#### INTEL MCS-81 MONITOR PROGRAM v1.1

< D, d >      Download a hex file  
< G, g >      Start program execution  
< M, m >      Memory read  
< S, s >      Memory examine and substitute

Monitörün ana program çevirimi çok kısadır ve aşağıda verilmiştir:

MAIN:

```
MOV DPTR,        #HELMES1            ; Seçenek mesajına bas
CALL PSTRING
CALL GETCH                            ; Kullanıcı seçeneğini al
CALL PUTCH                            ; Seçeneğini ekrana bas
CALL PCRLF                            ; Satır başı
CALL CMDCHK                           ; İlgili seçeneği uygula
JMP MAIN                              ; Yeni işlem için başa dön
```

Yukarıdaki kodun ve bir bakıma monitör programının basitleştirilmiş akış diyagramı Şekil 4.8'de verilmiştir. Yukarıda verilen ilk satırdaki komut DPTR (Data Pointer) saklayıcısına bir seçeneğin alınmasıyla ilgili mesajın adresini (HELMES1) yükler. Bu mesaj, monitör programının sonunda aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

```
HELMES1: DB CR, LF, LF, 'Please enter an option ->', NULL
```

Bu mesajın ekrana basılmasından sonra, yapılmak istenen işlem bir harf ile bilgisayar klavyesinden girilir ve bu istek program tarafından yürütülür.

#### 4.2.3.1. Karta program yükleme

Assembler programı tarafından, derleme sonrası üretilen bir 8051 hex dosyasını, bilgisayardan karta yüklemek için, 'D' veya 'd' (download) harfi klavyeden girilir. Bu girişten sonra, ekrana,

\* Ready to download \*

mesajı yazılır. Bu mesajdan sonra, PROCOMM gibi bir seri haberleşme programından karta bir dosya aktarımı beklemeye başlanır. Bilgisayardan gönderilen 8051 hex dosyasını, geliştirme kartının monitör programı, dosyada bir hata yok ise, RAM'ına (6264) yükler. Eğer yükleme işlemi başarıyla biter ise, ekrana,

\* Download Successful \*

mesajı basılır. Aksi durumda ise,

\* Download Error \*

mesajı ekrana yazılır.

Yazılan programın karta yükleme başlangıç adresi, eğer kesmeler kullanılmıyor ise, 2000h (RAM başlangıç adresi) olabilir veya 2020h gibi kesmelerin kullanmadığı 2010h adresinden sonraki başka bir adres olabilir. RAM başlangıç adresi, 8051 assembly dosyasındaki ORG assembler ifadesi kullanılarak belirtilir. Bu ORG ifadesine göre, assembler tarafından adresler üretilir ve derleme sonunda oluşan hex dosyasına, program kodlarıyla beraber hafıza adresleri yazılır. Hex dosyasında yer alan adresler, karta program yükleme işleminde, bilgisayardaki seri haberleşme programı yoluyla, veriler ile beraber 8051 kartına gönderilir. Her bir veri bloğundan önce, 8051 kartına, veri bloğunun yükleneceği adres gönderilir. Bilgisayardan gönderilen verileri, 8051 işlemcisi alır ve veri bloğunun başlangıç adresinden itibaren RAM' a yükler.

#### 4.2.3.2. Program alıştırma

Karta yüklü programı çalıştırmak için, klavyeden 'G' veya 'g' (go ) harfi girilir. Bunun zerine ekrana,

Please enter a GO address ->

mesajı basılır. Bu mesajdan sonra, 4 haneli bir hex adresi girilir. Örneğin,

Please enter a GO address -> 2100

Programın yrtlmeye başlangıç adresinin girilip ENTER tuşuna basmasıyla, programın karta yürütülmesi başlatılır ve ekrana,

\* Execution Code \*

mesajı yazılır. Eğer girilen adres bilgisi hatalı ise, ekrana bu kez,

\* Invalid GO address \*

mesajı basılır.

#### 4.2.3.3. Hafıza okuma

Geliştirme kartında, hata takibi için basit bir hafıza okuma desteği bulunmaktadır. Ana işlem seçeneği olarak, 'M' veya 'm' (memory) harfi klavyeden girilir ise,

Please enter an option -> M

ekrana bir hafıza adresinin girilmesiyle ilgili aşağıdaki mesaj basılır.

Please enter the memory address for read ->

Bu mesajın hemen yanına 4 haneli bir hex adresi girilir. Örneğin,

Please enter the memory address for read -> 3000

Bu girişten sonra, ekrana, herbir satırda 16 byte olmak üzere 8 satırlık bir hafıza veri bloğu (128 byte) yazılır.

Eğer girilen adres bilgisi hatalı ise,

\* Invalid memory address \*

mesajı ekrana basılır.

#### 4.2.3.4. Hafıza veri değişikliği

RAM hafızada istenilen verilerin değişikliği için, ana işlem seçeneği olarak aşağıdaki gibi 'S' veya 's' (substitute) harfi klavyeden girilir.

Please enter an option -> s

Bunun üzerine ekrana bir hafıza adresinin girilmesiyle ilgili aşağıdaki mesaj basılır.

Enter the memory address for substitute ->

Örneğin, aşağıdaki gibi hafıza adresi olarak 3000h girilmiş olsun.

Enter the memory address for substitute -> 3000

Bunun üzerine ekrana,

Address	Old Data	New Data
3000	21	

bilgisi, yani 3000h adresindeki hafıza hücresinin içeriği yazılır. Yeni girmek istediğimiz veri, örneğin, efh olsun. Bu veri, “New Data” mesajının altına klavyeden girilir. ENTER tuşuna basıldıktan sonra,

Address	Old Data	New Data
3000	21	ef
3001	20	

mesajı ekrana yazılır. Böylece tekrar 3001h adresindeki, başka bir verinin (20h) değiştirilmesiyle ilgili giriş beklenir. Eğer bu bilgi değiştirilmek istenmiyorsa, SPACE tuşuna basılarak bir sonraki hafıza hücresine geçilir. ENTER tuşuna basılarak hafıza veri değişikliği işlemi biter.

Address	Old Data	New Data
3000	21	ef
3001	20	20

Eğer girilen veri hatalı ise,

\* Invalid memory data \*

mesajı ekrana yazılır.

### 4.3. $\pm 10V$ DC Gerilim Mikroişlemci Programı

Program, gerilimi,  $20 \mu V$ ,  $1 mV$ ,  $50 mV$  ve  $1 V$ 'luk adımlarla  $-10V$  ve  $10V$  arasında arttırıp azaltacak şekilde hazırlanmıştır. 8032 mikrodenetleyici üzerinde bulunan portlar yeterli olduğundan, 8255 I/O birimi kullanılmamıştır.

Mikroişlemcinin P1.0 isimli portu DAC'ın "DATA", P1.1 portu "CLOCK", P1.2 portu ise "LE" giriş sinyali için, P1.3 portu,  $20 \mu V$ 'luk gerilim artışı, P1.4 portu,  $20 \mu V$ 'luk gerilim azalması, P1.5 portu  $1V$ 'luk gerilim artış ve azalması, P1.6 portu  $50mV$ 'luk gerilim artış ve azalması, P1.7 portu ise portu  $1mV$ 'luk gerilim artış ve azalması sağlayacak şekilde programlanmıştır.

Program,  $-10V$  gerilim değerine karşılık gelen (80000)h sayısı ile başlamaktadır. Arttırma programı,  $-10V$ 'tan  $10V$ 'a kadar yukarda belirtilen ve istenen adımlarda artışı sağlamaktadır. Azaltma programı ise  $10V$ 'tan  $-10V$ 'a kadar azaltma işlemini

gerçekleştirmektedir. "GONDER" ile başlayan altprogram, verilerin DAC'a gönderilmesini sağlamaktadır. DELAY ile başlayan altprogram ise  $0.5 sn$ 'lik bir gecikme sağlamaktadır.

\$MOD51

```
org 0000h
mov R2,#08h
mov R3,#00h
mov R4,#00h
mov P1,#0FFh
call SEND
mov TH0,#00h
mov TL0,#00h
mov TMOD,#82h
setb TR0
```

```
LOOP:   jnb P1.3,ARTTIR
        jnb P1.4,AZALT
        sjmp LOOP
```

```
ARTTIR: jb p1.5, 50 mV
```

```
ART1V: call DELAY
        mov A,#0CCh
        add A,R4
        mov R4,A
        mov A,#0CCh
        addc A,R3
        mov R3,A
        mov A,#00h
        addc A,R2
        MOV R2,A
        call SEND
        mov c,p1.3
        orl c,p1.5
        jnc ART1V
        jmp LOOP
```

```

50mV:      jb p1.6, 1mV
ART50mV:   call DELAY
           mov A,#3Dh
           addc A,R4
           mov R4,A
           mov A,#0Ah
           addc A,R3
           mov R3,A
           mov A,#00h
           addc A,R2
           mov R2,A
           call SEND
           mov c,p1.3
           orl c,p1.6
           jnc ART50mV
           jmp LOOP
1mV:       jb p1.7,20uV
ART1mV:    call DELAY
           mov A,#34h
           addc A,R4
           mov R4,A
           mov A,#00h
           addc A,R3
           mov R3,A
           mov A,#0h
           addc A,R2
           mov R2,A
           call SEND
           mov c,p1.3
           orl c,p1.7
           jnc ART1mV
           jmp LOOP

```



```

ART20uV:  call DELAY
          mov A,#01h
          addc A,R4
          mov R4,A
          mov A,#00h
          addc A,R3
          mov R3,A
          mov A,#00h
          addc A,R2
          mov R2,A
          call SEND
          jb p1.3,RUN1
          sjmp ART20uV

```

```

RUN1:     jmp LOOP

```

```

AZALT:    jbp1.5,mV50

```

```

AZT1V :   call DELAY
          mov A,R4
          subb A,#0CCh
          mov R4,A
          mov A,R3
          subb A,#0CCh
          mov R3,A
          mov A,R2
          subb A,#00h
          mov R2,A
          call SEND
          mov c,p1.4
          orl c,p1.5
          jnc AZT1V
          jmp LOOP

```

```

mV50:      jb P1.6,mV1
AZT50mV:   call DELAY
           mov A,R4
           subb A,#3Dh
           mov R4,A
           mov A,R3
           subb A,#0Ah
           mov R3,A
           mov A,R2
           subb A,#00h
           mov R2,A
           call SEND
           mov c,p1.4
           orl c,p1.6
           jnc AZT50mV
           jmp LOOP
mV1:      jb P1.7,uV20
AZT1mV:   call DELAY
           mov A,R4
           subb A,#34h
           mov R4,A
           mov A,R3
           subb A,#00h
           mov R3,A
           mov A,R2
           subb A,#00h
           mov R2,A
           call SEND
           mov c,p1.4
           orl c,p1.7
           jncAZT1mV
           jmp LOOP

```

```

uV20:    call DELAY
         mov A,R4
         subb A,#01h
         mov R4,A
         mov A,R3
         subb A,#00h
         mov R3,A
         mov A,R2
         subb A,#00h
         mov R2,A
         call SEND
         jb p1.4,RUN2
         sjmp uV20

RUN2:    jmp LOOP

DELAY:   mov 20h,#5Ah
         mov 21h,#14h

WAIT:   jnb TF0,WAIT
         clr TF0
         djnz 20h,WAIT
         mov 20h,#5Ah
         djnz 21h,WAIT
         ret

SEND:   mov A,R2
         rl A
         rl A
         rl A
         rl A
         mov 25h,#04h
         clr P1.2

```

```
SEND1:   clr p1.1
         rlc A
         mov p1.0,c
         setb p1.1
         setb p1.2
         djnz 25h, SEND1
         mov A,R3
```

```
SEND2 :  clr p1.1
         rlc A
         mov p1.0,c
         setb p1.1
         djnz 25h, SEND2
         mov 25h,#08h
         mov A,R4
```

```
SEND3 :  clr p1.1
         rlc A
         mov p1.0,c
         setb p1.1
         djnz 25h, SEND3
         ret
         end
```

## 5. GENLİĞİ AYARLANABİLİR ÜÇGEN AKIM BÖLÜMÜ

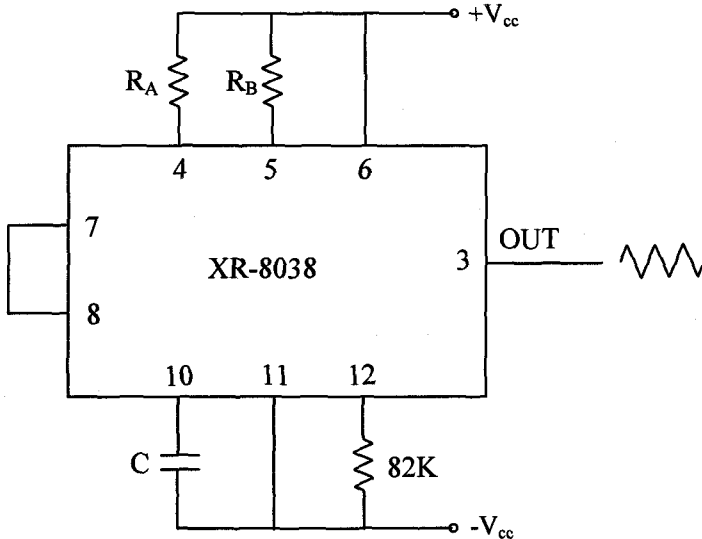
Akım kaynağının üçgen akım çıkışı, josephson dizisi akım-gerilim eğrisinin ve josephson adımının osiloskop ekranında gözlemlenmesini sağlamaktadır. Üçgen dalga sinyalini elde etmek için üç farklı tasarım üzerinde durulmuştur.

- 1) XR-8038 ile elde edilen üçgen dalga sinyali
- 2) Mikrodenetleyici+DAC+direnç sistemi ile elde edilen üçgen dalga sinyali
- 3) Mikrodenetleyici+DAC+kapasite sistemi ile elde edilen üçgen dalga sinyali

Sonuç olarak, gürültüsü en düşük ve en pratik olan “Mikrodenetleyici+DAC+Kapasite” sistemi, üçgen dalga sinyalini elde etmek için kullanılmıştır.

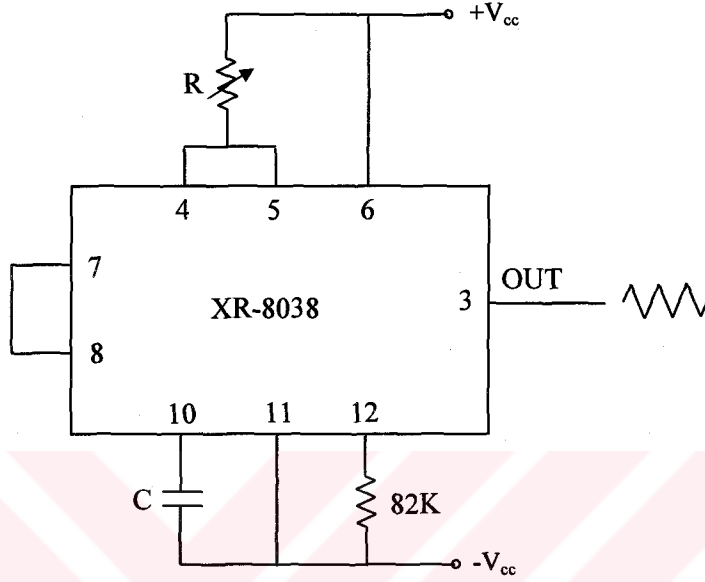
### 5.1. XR-8038 İle Üretilen Üçgen Dalga Sinyali

XR-8038, 8 frekans dekadı üzerinden, yüksek kararlılıkta ve taranabilir kare, üçgen ve sinüs dalgaları üreten bir dalga formu üreticidir. Şekil 5.1’de XR-8038 ile yapılan üçgen dalga üreticinin şeması görülmektedir.



Şekil 5.1. XR-8038 ile yapılan üçgen dalga üretici

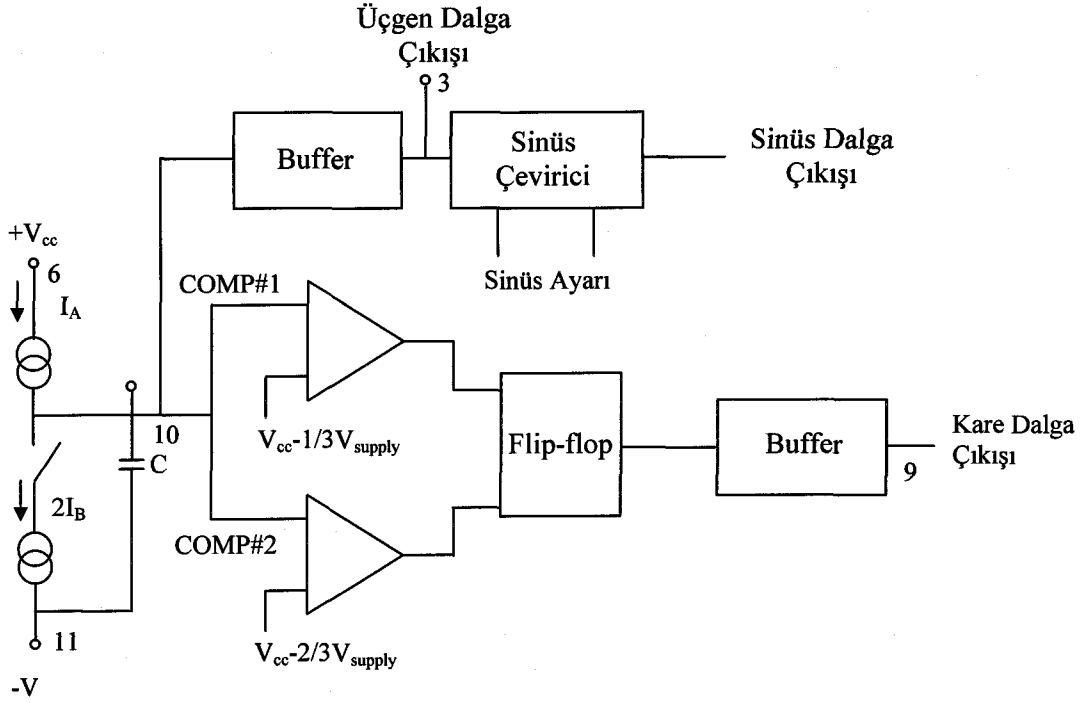
Üçgen dalganın frekans ayarı,  $R_A$  ve  $R_B$  dirençleri ve  $C$  kapasitesi vasıtasıyla yapılır.  $R_A$  direnci yükselen kenarın,  $R_B$  direnci ise düşen kenarın zaman ayarını yapar. Devrede  $R_A$  ve  $R_B$  dirençleri yerine tek direnç kullanılarak, üçgen dalganın yükselen ve düşen kenarı eşit zamanlı yapılmıştır. (Şekil 5.2)



**Şekil 5.2.** XR-8038 ile yapılan üçgen dalga üretici

Üçgen dalganın frekansı,  $R$  direncinin  $35 \text{ k}\Omega$ ,  $C$  kapasitesinin ise  $100 \text{ nF}$  seçilmesiyle,  $0\text{-}100 \text{ Hz}$  arasında ayarlanabilir yapılmıştır.

Şekil 5.3'de XR-8038'in iç yapısı gösterilmektedir. Devre,  $C$  kapasitesinin  $2I_A$  ve  $2I_B$  akımları yakınında dolup boşalması ile çalışır.  $S$  anahtarı açık iken,  $C$  kapasitesi  $I_A$  akımı vasıtasıyla  $V_{cc}-2/3V_{supply}$ 'dan  $V_{cc}-1/3V_{supply}$ 'a dolar. Bu durumda #1 karşılaştırıcısı flip flop'un konum değiştirmesine neden olan anahtarlamayı yapar. Flip flop'un konum değiştirmesinin bir sonucu olarak,  $S$  anahtarı kapanır. Böylece her iki akım kaynağı kapasiteye bağlanmış olur.  $C$  kapasitesi  $V_{cc}-1/3V_{supply}$ 'dan  $V_{cc}-2/3V_{supply}$ 'a boşalır, bu durumda #2 karşılaştırıcısı flip-flop'un tekrar konum değiştirmesine neden olan anahtarlamayı yapar.  $S$  anahtarı açılır ve  $C$  kapasitesinin tekrar dolması ile çevrim başlar.  $C$  kapasitesinin dolup boşalması 10 numaralı pine bağlı kapasiteden geçen üçgen dalga gerilimini meydana getirir. 10 numaralı pin'deki sinyal buffer'lanmıştır ve sonuç olarak üçgen dalga çıkışı 3 numaralı pin'de görülür.



**Şekil 5.3.** XR-8038'in iç yapısı

Bu bufferlanmış üçgen dalga sinyali, bir sinüs çevirici network'ünden geçirilir. Bu nedenle sinüs dalga çıkışı, 2 numaralı pin'den elde edilir. 9 numaralı pin'deki kare dalga çıkışı, çıkış durumu C kapasitesinin dolup boşalmasıyla değişen flip-flop'un bufferlanmış çıkışıdır.

Simetrik bir üçgen dalga çıkışı,  $I_A$  akımının  $I_B$ 'ye eşit seçilmesiyle mümkündür.  $I_A$  akımı,  $I_B$  akımına eşit ayarlanırsa, kapasitenin dolmasına neden olan  $I_A$  akımı, kapasitenin boşalmasına neden olan  $2I_B - I_A = I_A$  net akımına eşit olur. Bunun sonucu olarak, 10 numaralı pin'de görülen dalga şekli simetrik bir üçgen dalgadır.

Şekil 5.4'te ise üçgen dalganın genlik ayarını yapan ve "kalibrasyon" modu için gereken DC akım sinyalleri üreten devre şeması görülmektedir.

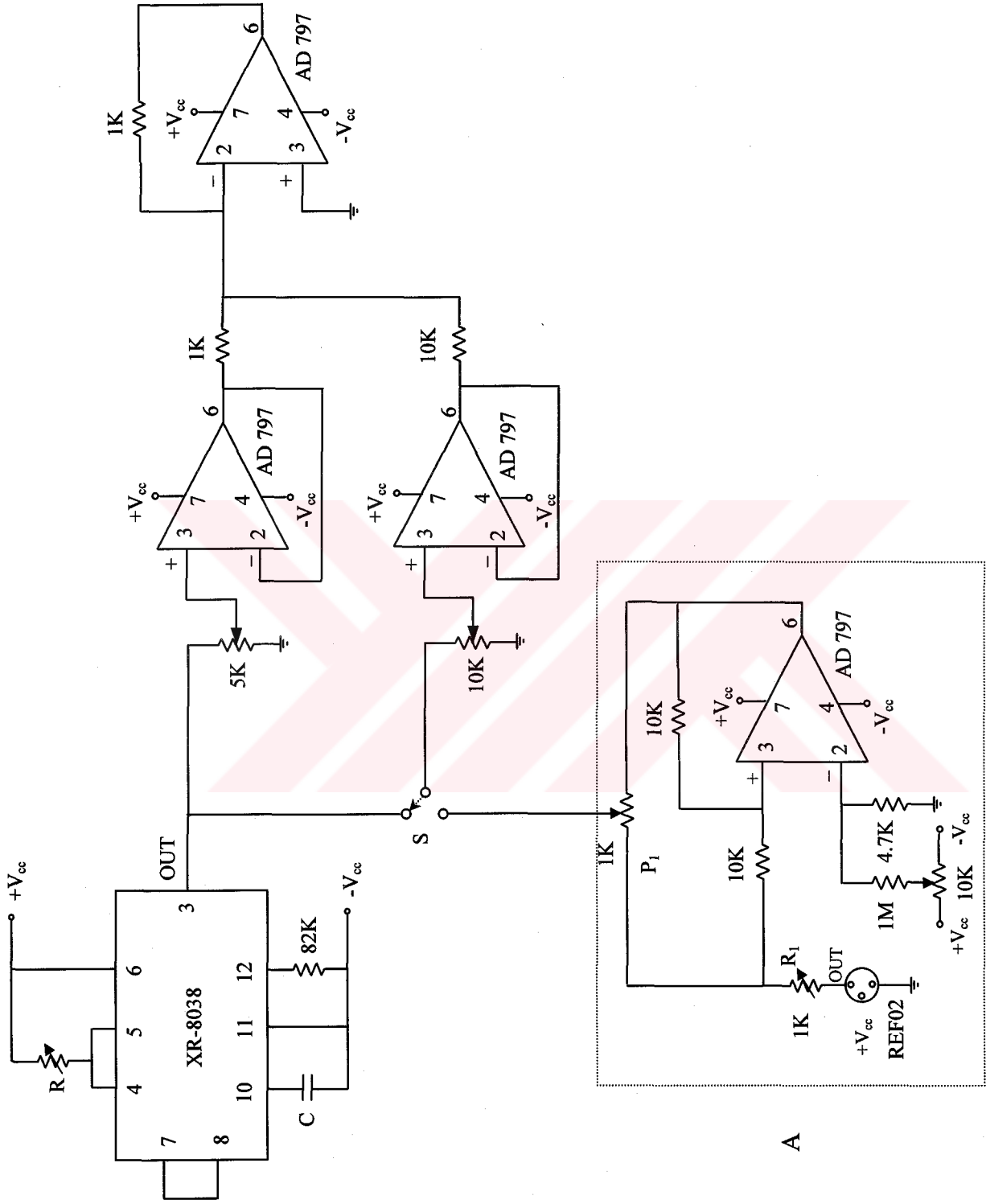
Devrede, S anahtarı "karakteristik" modunda iken " $I_1$ " ve " $I_2$ " potansiyometreleri, XR-8038 çıkışındaki üçgen dalganın genlik ayarını yapmaktadır. " $I_1$ " potansiyometresi genliği, 0-1 mA arasında, " $I_2$ " potansiyometresi ise 0-100  $\mu$ A

arasında değiştirmektedir. Daha sonra genliği iki farklı değerde ayarlanmış üçgen dalga sinyalleri bir işlemsel yükselteçli toplama devresi ile toplanmaktadır.

S anahtarı “kalibrasyon” modunda iken, “I<sub>2</sub>” potansiyometresi, “autom” modunda olduğu gibi üçgen dalganın genlik ayarını yapmaktadır. “I<sub>1</sub>” potansiyometresi ise “A” ile gösterilen DC ofset akımı devresinin genliğini değiştirmektedir. “A” devresindeki Ref02 5 V’luk gerilim referansı olup, R<sub>1</sub> direnci ile genliği 1V’a düşürülerek, kazancı -1 olan bir işlemsel yükselticiden geçirilmiş ve işlemsel yükselticinin çıkışında -1V’luk DC gerilim değeri elde edilmiştir. İşlemsel yükselticinin çıkışı ile R<sub>1</sub> direnci uçları arasına bağlanan “P<sub>1</sub>” potansiyometresi ise, genliği “I<sub>1</sub>” potansiyometresi ile ayarlanan gerilim değeri ve bu gerilimin ters polaritesi arasında değiştirmektedir.



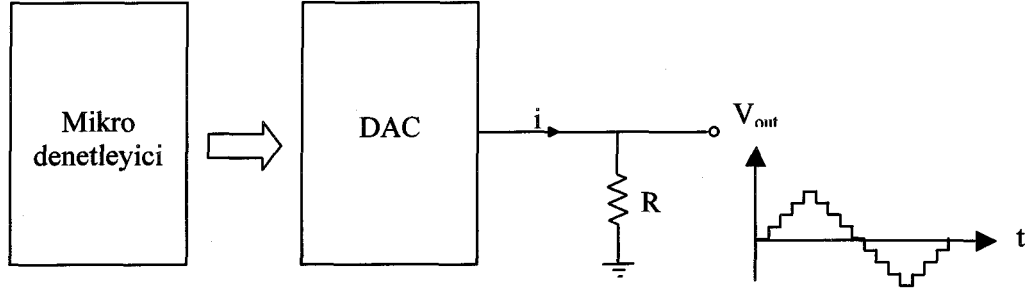




Şekil 5.4. Üçgen dalga genlik ayarı ve DC akım devresi

## 5.2. Mikrodenetleyici+DAC+Direnç Sistemi İle Üretilen Üçgen Dalga Sinyali

Mikrodenetleyiciden gönderilen her sayısal bilgi, DAC'ın çıkışında analog bilgiye dönüştürülür. Sonuç olarak DAC çıkışında, sayısal olarak örneklenmiş bir üçgen dalga sinyali elde edilir (Şekil 5.5). DAC'ın çözünürlüğü 20 bit seçildiğinde, üçgen dalga istenen çözünürlükle elde edilmiş olur.



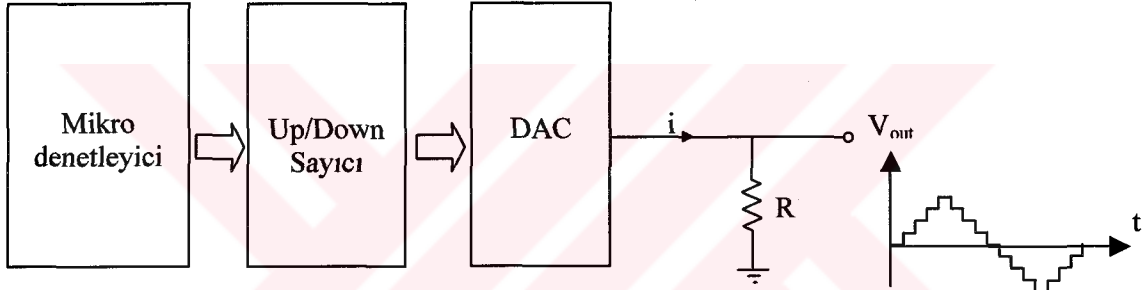
Şekil 5.5. Mikrodenetleyici+DAC+direnç sistemi blok diyagramı

Üçgen dalganın frekansı 100Hz olduğundan  $\frac{1}{100Hz} = 10msn$ 'de 20 bitlik sayısal bilginin gönderilmesi gerekmektedir. Kullanılan mikrodenetleyicinin kristal osilatörü 50 MHz frekansında ise mikrodenetleyicinin bir makine çevrimi  $\frac{1}{50MHz} = 20nsn$ 'dir. Herbir komutun yaklaşık 2.5 makine çevriminde işlendiğini ve 10 komutluk bir program yazıldığını varsayarsak;

1 verinin işleme süresi;  $20nsn \times 2.5$  makine çevrimi  $\times 10$  satır = 500nsn olarak hesaplanır.

Bu durumda  $2^{20}$  bitlik bir verinin işlenmesi süresi  $500nsn \times 2^{20} = 0.5sn$ 'dir. Dolayısıyla 20 bitlik bir verinin bu sistemle 10msn gibi bir sürede gönderilmesi mümkün değildir.

Bu durumda, şekil 5.6'da gösterilen sistem düşünülmüştür. Sistemde sayıcının “zamanlama” girişi harici bir osilatör ile sağlanmaktadır. Bu sistemde, mikrodnetleyici, sayıcı için gerekli olan zamanlama sinyalini üretmektedir. Üçgen dalganın periyodu 10msn olduğundan, mikrodnetleyici çıkışında 5msn “lojik 1”, 5 msn “lojik 0” sevide olacak şekilde sürekli bir zamanlama sinyali üretilir ve üretilen bu sinyal sayıcının “up/down” girişine bağlanır. Böylece “up/down” girişine “lojik 1” sinyali geldiğinde sayıcı 5 msn süreyle ileri sayacaktır. Bu durumda DAC çıkında 5msn süreyle artan bir gerilim, yani üçgen dalganın yükselen kenarı elde edilir. Sayıcının up/down” girişine “lojik 0” sinyali geldiğinde ise sayıcı 5 msn süreyle geri sayar. Bu durumda DAC çıkında 5msn süreyle azalan bir gerilim, yani üçgen dalganın düşen kenarı elde edilir.



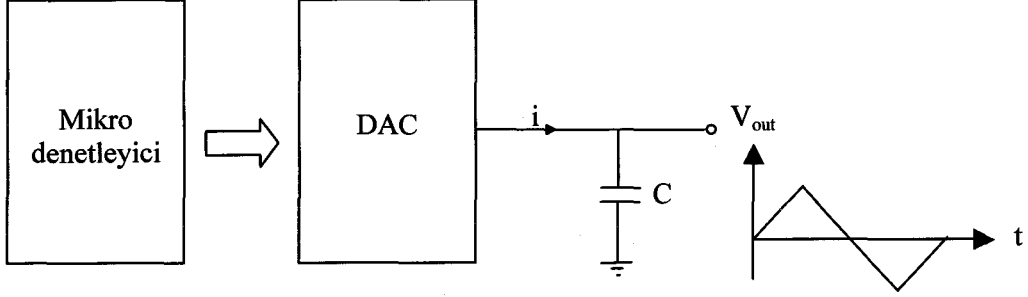
**Şekil 5.6.** Mikrodnetleyici+sayıcı+DAC+direnç sistemi blok diyagramı

Fakat elde edilen üçgen dalganın genliği bu sistemle ayarlanamaz. Genliğin ayarlanabilir olması ancak mikrodnetleyici osilatör frekansının değişken olması ile mümkündür. Bu ise pratik olmayan bir yöntemdir. Bu sebeplerden dolayı Mikrodnetleyici+sayıcı+DAC+direnç sistemi ile üçgen dalganın elde edilmesinden vazgeçilmiştir.

### 5.3. Mikrodnetleyici+DAC+Kapasite Sistemi İle Üretilen Üçgen Dalga Sinyali

Bu sistemde, DAC sabit akım kaynağı olarak kullanılmıştır. Üçgen dalganın yükselen kenarını elde etmek için, DAC çıkışından kapasiteye pozitif yönde bir akım uygulanır ve kapasite akımın uygulandığı süre boyunca dolar. Uygulanan akımın değerine ve süresine bağlı olarak kapasite çıkışında bir gerilim elde edilir. Üçgen

dalganın düşen kenarı için ise DAC çıkışından kapasiteye negatif yönde bir akım uygulanır ve kapasite akımın uygulandığı süre boyunca boşalır.



Şekil 5.7. Mikrodenetleyici+DAC+kapasite sistemi blok diyagramı

Kapasite üzerine düşen gerilim;

$$V_c = \frac{1}{C} \times I \times t \quad (2.12)$$

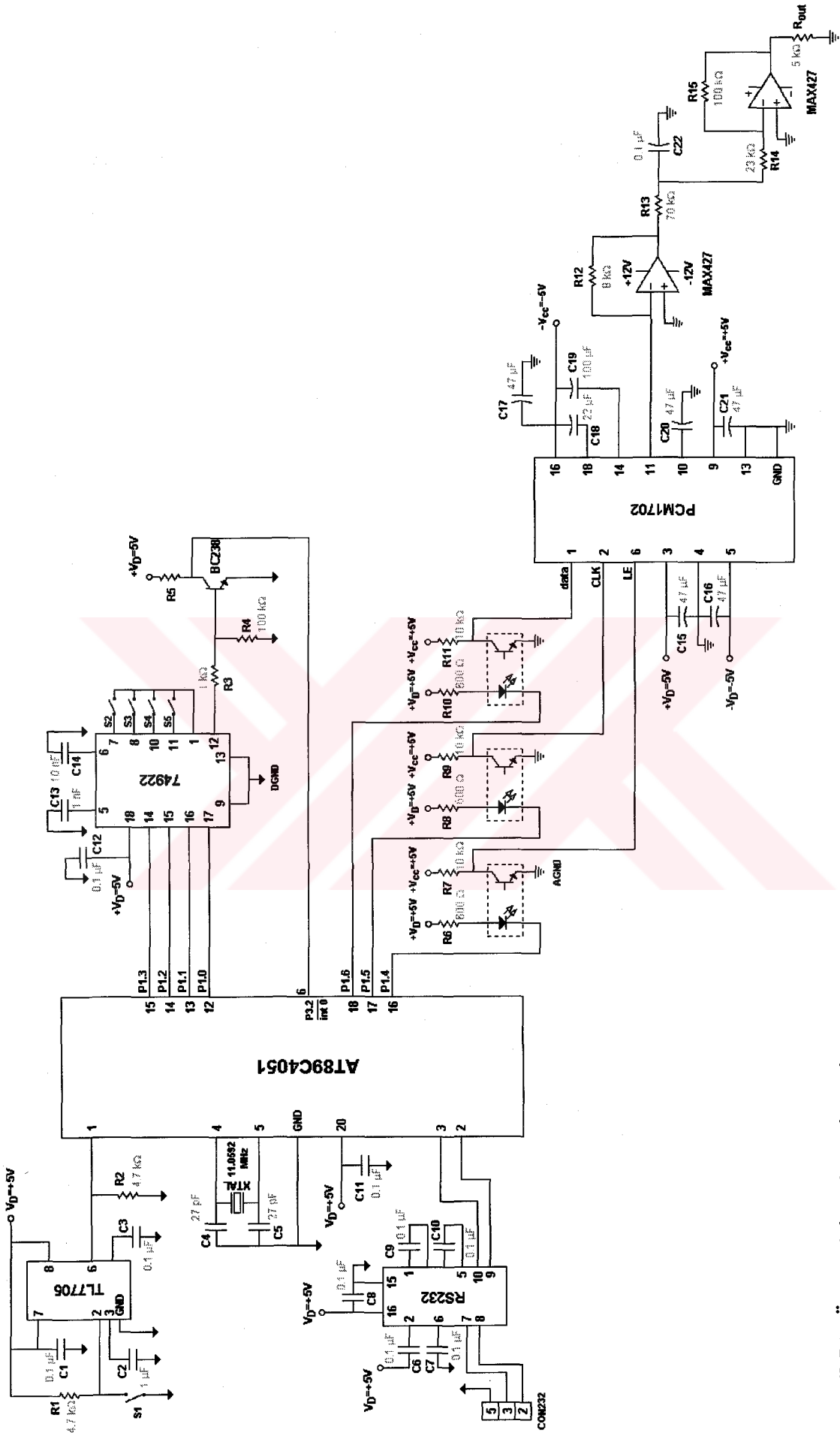
denklemler ile hesaplanır. Denklemlerde,  $V_c$  kapasite üzerine düşen gerilim,  $I$  kapasiteye uygulanan akım,  $t$  ise akımın uygulandığı süreyi göstermektedir. Kapasiteye uygulanan akım ve akımın uygulanma süresi değişebilir iki parametre olduğundan ayarlanabilir genlikli üçgen dalga sinyali bu sistemle elde edilebilmektedir.

Şekil 5.8’de tasarlanan üçgen akım devresinin şeması görülmektedir.

Üçgen dalganın frekansı 100Hz, periyodu 10msn’dir. Seçilecek olan kapasite 5msn’den daha uzun sürede dolmalı ya da boşalmalıdır ki üçgen dalga formu elde edilebilsin. Bu nedenle kapasitenin değeri 750nF seçilmiştir.

Devrede gürültüyü düşük seviyede tutabilmek için düşük gürültülü devre elemanları seçilmiştir.

DAC, PCM 1702	⇒	THD+n = -96dB, SNR=120dB
Op-amp, MAX427	⇒	f=1 kHz ⇒ 3.8 nV/√Hz
Düşük Kayıp Faktörlü Kapasite	⇒	D=100ppm



Şekil 5.8. Üçgen dalga akımı devresi

#### 5.4. Kare Dalga Mikroişlemci Programı

\$MOD51

```
        org 0000h
        jmp main
        org 000bh
        jmp TIMER

main:   setb poz_neg
        mov R2,#00h
        mov R3,#00h
        mov R4,#00h
        mov P1,#0FFh
        mov P3,#0FFh
        call POZGON
        mov A,TMOD
        orl A, #01h
        mov TMOD,A
        setb TR0
        setb et0
        setb ea
bas:    setb tr0
        jb P3.2,$
        mov loop1, #0ffh
        mov loop2, #0ffh

dongu:  djnz loop2, dongu
        djnz loop1, dongu

        clr tr0
        clr ea
        mov th0,#00
```

```

mov t10,#00
mov A,P1

ANL A,#0Fh
cjne A,#00h,j1
call j1uAP
jmp BITIR
j1:    cjne A,#01h,j2
      call j1uAM
      jmp BITIR

j2:    cjne A,#02h,j3
      call j10uAP
      jmp BITIR

j3:    call j10uAM
      jmp BITIR

BITIR: setb ea
      jmp bas

TIMER:  mov th0,#237;
      mov t10,#01
      mov c,poz_neg
      cpl c
      mov poz_neg,c
      jb poz_neg,POZGON

NEGGON: mov A,R5
      rl A
      rl A
      rl A
      rl A

```

```
mov 25h,#04h
clr P1.6
```

```
GON1:   clr p1.5
        rlc A
        mov p1.4,c
        setb p1.5
        setb p1.6
        djnz 25h,GON1
        mov 25h,#08h
        mov A,R6
```

```
GON2:   clr p1.5
        rlc A
        mov p1.4,c
        setb p1.5
        djnz 25h,GON2
        mov 25H,#08h
        mov A,R7
```

```
GON3:   clr p1.5
        rlc A
        mov p1.4,c
        setb p1.5
        djnz 25h,GON3
        reti
```

```
POZGON: mov A,R2
        rl A
        rl A
        rl A
        rl A
```



```
mov 25h,#04h
clr P1.6
```

```
GO1:   clr p1.5
        rlc A
        mov p1.4,c
        setb p1.5
        setb p1.6
        djnz 25h,GO1
        mov 25h,#08h
        mov A,R3
```

```
GO2:   clr p1.5
        rlc A
        mov p1.4,c
        setb p1.5
        djnz 25h,GO2
        mov 25H,#08h
        mov A,R4
```

```
GO3:   clr p1.5
        rlc A
        mov p1.4,c
        setb p1.5
        djnz 25H,GO3
        reti
```

```
j1uAP: mov A,#0B4h
        add A,R4
        mov R4,A
        mov A,#01h
        addc A,R3
        mov R3,A
```

```
mov A,#00h
addc A,R2
mov R2,A
mov A,R2
cpl A
ANL A,#0Fh
mov R5,A
mov A,R3
cpl A
mov R6,A
mov A,R4
cpl A
mov R7,A
call ADDONE
ret
```

```
j1uAM:  mov A,R4
        subb A,#0B4h
        mov R4,A
        mov A,R3
        subb A,#01h
        mov R3,A
        mov A,R2
        subb A,#00h
        mov R2,A
        mov A,R2
        cpl A
        ANL A,#0Fh
        mov R5,A
        mov A,R3
        cpl A
        mov R6,A
        mov A,R4
```

```

    cpl A
    mov R7,A
    call ADDONE
    ret
j10uAM:  mov A,R4
         subb A,#11h
         mov R4,A
         mov A,R3
         subb A,#11h
         mov R3,A
         mov A,R2
         subb A,#00h
         mov R2,A
         mov A,R2
         cpl A
         ANL A,#0Fh
         mov R5,A
         mov A,R3
         cpl A
         mov R6,A
         mov A,R4
         cpl A
         mov R7,A
         call ADDONE
         ret

j10uAP:  mov A,#11h
         add A,R4
         mov R4,A
         mov A,#11h
         addc A,R3
         mov R3,A
         mov A,#00h

```

```
addc A,R2
mov R2,A
mov A,R2
cpl A
ANL A,#0Fh
mov R5,A
mov A,R3
cpl A
mov R6,A
mov A,R4
cpl A
mov R7,A
call ADDONE
ret
```

```
ADDONE:  mov A,#01h
         add A,R7
         mov R7,A
         mov A,#00h
         addc A,R6
         mov R6,A
         mov A,#00h
         addc A,R5
         mov R5,A
         ret
         end
```

## SONUÇLAR

Dünya çapında “Volt” için izlenebilirlik, ulusal metroloji enstitülerindeki mevcut Josephson eklem dizisi gerilim standartları kullanılarak AC Josephson etkisi üzerinden sağlanmaktadır. Bu standartlar kullanılarak gerilim

$$V = n \frac{h}{2e} f_e$$

denkliği ile doğruluğunu frekans doğruluğundan almaktadır.

Türkiye’de gerilim birimi Volt, TÜBİTAK bünyesinde bulunan Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Gerilim Laboratuvarında 1997’den beri AC Josephson etkisi üzerinden gerçekleştirilmektedir. UME Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardı’nın temelini PTB (Alman Metroloji Enstitüsü) yapımı 10 Volt Josephson Eklem Dizisi oluşturmaktadır. Standardın doğruluğunu aldığı frekans standardı 10 MHz Rb frekans standardı olup, JEDGS’nin çalışma frekansı olan 74.99 GHz mikrodalga frekansı, 75 GHz Gunn osilatörün Rb standardının fazına kilitlenmesi ile elde edilmektedir. Standart kullanılarak ikinci seviyede DC gerilim standartları olan Weston Standart pillerinin ve Zener gerilim standartlarının kalibrasyonun yanı sıra, voltmetrelerin doğrusalık testleri de gerçekleştirilebilmektedir.

JEDGS ile, doğrudan fiziksel sabitler üzerinden tanımlanan güvenilir ve kararlı gerilim değerleri elde edilebilmesine rağmen, özellikle sistemde kullanılan akım kaynağından kaynaklanan gürültü nedeniyle istenen performans elde edilememektedir. Akım kaynağından kaynaklanan gürültünün minimuma indirilmesi ve sistemin yarı otomatik olarak çalıştırılabilmesi amacıyla, akım kaynağı yeniden tasarlanarak yapılmıştır.

Tez çalışması için gerçekleştirilen akım kaynağı, UME Gerilim Laboratuvarı'nda Josephson Gerilim standardının iyileştirilmesi projesi kapsamında yapılan en önemli çalışmalardan biridir. Akım kaynağının yapılmasıyla, Josephson adımlarının kararlılığını etkileyen gürültü problemi ortadan kalkmış ve sistemin yarı otomatik olarak kullanılabilmesi sağlanmıştır. Böylece sistemle yapılan kalibrasyonlarda harcanan zaman düşürülmüştür. Frekansın ve mikrodalga gücün bilgisayar ile kontrol edilebilmesi durumunda sistem, tam otomatik olarak çalıştırılabilecektir.



## KAYNAKLAR

1. PETLEY, B.W., 1994. Electrical Units. Metrologia, vol. 32, 495-502.
2. FLUKE Corporation, 1994a. Calibration: Philosophy in Practice. 2.nd edition, 7-12;7-15, Amerika Birleşik Devletleri.
3. FLUKE Corporation, 1994b. Calibration: Philosophy in Practice. 2.nd edition, 7-8;7-12, Amerika Birleşik Devletleri.
4. POPEL, P. R., 1992. The Josephson Effect and Voltage Standards. Metrologia, vol. 29, 153-174.
5. FINNEGAN, T.F., DENENSTEIN. A. and LANGENBERG, D.N., 1971. AC-Josephson Effect Determination of  $e/h$ : A Standard of Electrochemical Potential Based on Macroscopic Quantum Phase Coherence in Superconductors. Physical Reviews, vol. 4, no. 5, 1487-1522.
6. TAYLOR, B. N., WITT, T.J., 1989. New International Electrical Reference Standards Based on the Josephson and Quantum Hall Effects. Metrologia, vol. 26, 47-62.
7. ANDREONE, D., GODONE, A., 1997. Noise Analyses on Josephson Junction Array Voltage Standards. IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 46, 246-249.
8. REYMANN, D., WITT, T.J., 1993. IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 42, 596-599.
9. WITT, T.J., REYMANN, D., AVRONS, D., 1995. IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 44, 226-229.
10. WITT, T.J., 1997. BEMC'97 Conference Digest, 23-1 to 23-4.
11. WITT, T.J., 1998. CPEM'98 Conference Digest, 305-306.
12. GÜMÜŞKAYA, H., 2000. Mikroişlemciler ve 8051 Ailesi. Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd.Şti., 277-290, İstanbul.
13. UZUN, Ö., ve GÖKKAYA, K., Mikroişlemciler ve Assembler Programlama. Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd.Şti., 52-59, İstanbul.
14. BIRLIKSEVEN, C., 2002. UME 8051 Çalışmaları (yayınlanmamış), Gebze.

## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Safranbolu'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Safranbolu'da tamamladı. 1998 yılında, Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans çalışmalarına başladı.

1998 yılından beri TÜBİTAK-UME Gerilim Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Laboratuvarında, Josephson Eklem Dizisi Gerilim Standardının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi konulu projede çalışmaktadır.