

bir mikroişlemci ve mikrobilgisayar öğrenim ve uygulama sisteminin tasarım ve gerçekleştirilmesi

Erdal NUSOĞLU , Füsün ERDİM , Ender KEFOĞLU , Hulusi SAĞ

UDK: 621.3.049.771.14

ÖZET

Mikroşlemcilerin verimli biçimde kullanılabilmesi için, kullanım, tasarım ve programlama özelliklerinin öğrenilmesi gereklidir. Yazıda, bu amaç için gerçekleştirilmiş bir mikrobilgisayarın genel donanım ve yazılım özellikleri incelenmektedir. Donanım birimleri arasında kurulan ilişkiler, kullanılan bilgi yapıları ve mikrobilgisayarlarla çevresi arasındaki bilgi alışveriş yöntemleri, ilgili yazılım öğeleri ile birlikte açıklanmaktadır. Mikrobilgisayarın kullanım alanından örnekler verilmektedir.

SUMMARY

in order to utilize microprocessors efficiently, their design and programming characteristics must be well understood. A microcomputer, designed and implemented for this purpose, is being investigated from the hardware and software points of view. Relations among the various hardware units, implemented data structures and the means of information flow between the microcomputer and its environment is explained together with its software aspects. Application area of the microcomputer is briefly exemplified.

I. GİRİŞ

Elektronik mühendislerinin, genel amaçlı devre elemanları mikroşlemcileri tanımaları ve uygulayabilmeye başlamaları çeşitli biçimlerde olabilir. Bu yollardan en etkin ve ekonomik olanı bir mikroşlemci öğrenim sisteminden yani bir küçük mikrobilgisayardan yararlanmaktır. Bu yazıda TESTAŞ Araştırma Geliştirme Merkezince, ülkemizde mikroşlemcilerin öğrenimini hızlandırmak, kolaylaştırmak ve uygulamalarını yaygınlaştırmak amacı ile tasarlanıp gerçekleştirilen bir mikrobilgisayar tanıtılabaktır.

II. GENEL ÖZELLİKLER

Kısaca TES-68 diye adlandırılacak olan mikroşlemci öğrenim ve uygulama sistemi Motorola MC6800 mikroş-

lemcisine dayalı küçük bir mikrobilgisayardır. Adı geçen mikroşlemcinin yetenekleri günümüzdeki mikroşlemcilerin bazılarında daha sınırlı olsa da mimarisi, giriş-çıkışı, çevre elemanları ve komut kümesi ile hem en kolay anlaşılır ve uygulanır mikroşlemcilerden biri olmaya, hem de elektroniğin; cihazlar (Instrumentation), bilgisayar çevre birimleri otomotiv elektroniği, tıbbi elektronik gibi dallarında, çok yaygın biçimde uygulanmaya devam etmektedir. Ayrıca bu yılın ilk yarısında üretimine başlanan MC6802 iki yongalı sistem ile ikinci yarıda üretilecek MC6801 tek yongada bilgisayar Motorola mikroşlemci ailesinin yakından izlenmesi gereğini ortaya koymaktadırlar. (1)

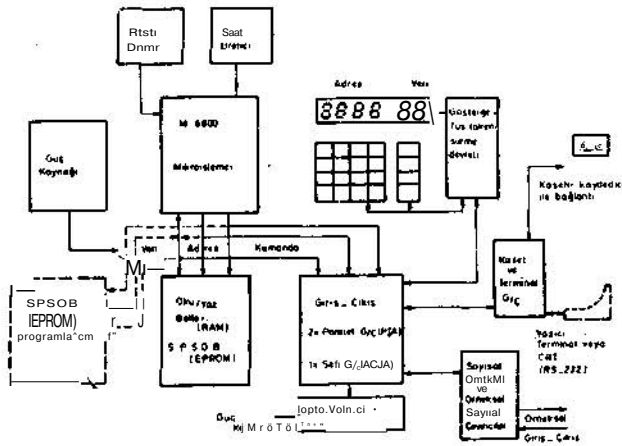
TES—68'in genel yapısı Şekil 1'de görülmektedir. Kullanıcı mikrobilgisayarı 16 tabanlı (0-9, A-F) sayılarla programlamakta, bellek ve giriş-çıkış adresleri ile bu adreslerdeki verileri yine 16 tabanlı sayıları gösterebilen 6 sayılı (4 sayı (16 bit) adres + 2 sayı (8 bit) veri) bir led gösteren okumaktadır. Kullanıcının makinayı 16 tabanlı sayılarla denetlemesi, belleğe ulaşımı ve verileri değiştirilmesi, yazmış olduğu programları çalıştırması ve izlemesi,

Erdal Nusoğlu, Füsün Erdim,
Ender Kefoğlu, Hulusi Sağ TESTAŞ

mikrobilgisayarın salt oku belleğinde bulunan denetim programı (*monitör*) tarafından sağlanmaktadır.

Mikroişlemci öğrenim sistemi hazırlanırken uygulayarak öğrenmenin sağlayacağı verim artışı özellikle gözönüne alınarak sistemde örneksel giriş-çıkış, opto-yalıtıcı ve triaklı güç kontrol çıkışı, standart terminal (RS-2320, yazıcı veya katod ışıklı tüp) bağlantısı ve kullanıcının özel uygulamaları için her bit giriş/çıkış olarak programlanabilen 16 bitlik bir paralel giriş çıkış öngörülmüştür. Gerçekleştirilen öğrenim sisteminin sınırlı bütçeli kullanıcı ve uygulayıcılar için en çekici yanları ise, programlama, kullanım ve uygulamalar için hiçbir şekilde ek birim (*terminal*) gerektirmemesi ve geliştirilen programların Sıklık Kaydırmalı (*Frequency Shift Keying, FSK*) 300 baud hızla standart bir kaset teybe alınabilmesi ve yeniden belleğe yüklenebilmesidir. Bu özellik sayesinde bu çok ekonomik ve herkeste bulunan manyetik ortamda programların kalıcı biçimde saklanabilmelerinin ve istendiğinde denetim programı tarafından belleğe yüklenmelerinin kullanıcıya sağladığı kolaylık ve olanaklar açıktır (300 baud, bps 30 karakter/saniyelik bir hız olup, örneğin 600 byte uzunluğunda bir program 20 saniyede kasete yüklenebilir veya yeniden belleğe okunabilir).

TES-68 tasarlanırken Silinebilir Programlanabilir Salt-Oku Bellek, SPSOB (EPROM)ların programlanabilmelerinin de uygulayıcı yönünden önemi düşünülmüş ve 1K x 8'lik 2700 tipi ve 2K x 2716 tipi SPSOB'ları programlayabilen, belleğe okuyabilen, karşılaştırabilen ve birinden diğerine aktarabilen bir SPSOB programlayıcısı da donanım ve yazılım olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 8 K'lık ek bellek kartı tasarlanıp gerçekleştirilmiş olup, makineye örneğin bir ekranlı çevre birimi eklenmesiyle ASSEMBLER, ve BASIC dillerinde yazılım hazırlama olanağı vermektedir. Ekranlı birim mikrobilgisayar ile 110 baud ile 9600 baud arası hızlarda alışverişi yapabilir.



Şekil 1. TES-68 mikrobilgisayarının genel yapısı

III. DONANIM

Motorola 6800 ailesi ile tasarlanmış TES-68 sisteminde 1 K'lık oku/yaz bellek (RAM) ve 3,5 K'lık salt-oku bellek (EPROM) veri saklama işlemlerini üstlenmişlerdir.

Salt-oku bellek değişik uygulama ve bütçelere cevap verecek şekilde 2x1702 A (256 ilk SPSOB) + 1 x 2708 (1 K.hk SPSOB) + 1 x 2716 (2 K'lık SPSOB) olarak düzenlenmiştir. Bunlardan 2708 denetim programının saklanması için kullanılmaktadır.

Sistemde yer alan iki paralel giriş/çıkış (PIA) birimi ile bir seri giriş/çıkış (ACIA) birimi, paralel ve seri bilgi alışverişinde kullanılacak çevre birimleri ile mikrobilgisayar arasında bağlantı sağlamaktadır. Paralel giriş/çıkış birimlerinden bir tanesi kullanıcıya bırakılmış, diğeri ise sisteme bağlı olan tuş takımından bilgi alınması ve göstergelere bilgi aktarılmasının sağlanması için kullanılmıştır.

Tuş takımının taranmasını sağlayan donanımda bir adet 74153 (TTL 4-1 çoklayıcı) devresi bulunmaktadır (Şekil 2). Tuş matrisinin sütunlarındaki gerilim düzeyi, bu tümeleşik devre adreslenerek paralel giriş/çıkış biriminin PA7 numaralı girişine aktarılır.

Bütün matris satırları, tarama işlemi başlamadan önce yazılım tarafından 0 düzeyine getirilmiş olduğundan, tuşlardan birine basıldığında bu tuşu içeren sütun yüksek düzeyden 0 düzeyine düşer. Böylece, tuşlardan birine basılıp basılmadığı, basılmışsa hangisi olduğu yazılım yardımı ile saptanır.

Seri giriş/çıkış birimi, zamanlama devresine yapılan bağlantının değişik yerlere lehimlenmesi ile 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 veya 9600 baud hızında çalışabilmekte ve bir anahtar yardımıyla kasetli teyp veya RS-232 uç/ekran birimi arasında ilişki kurabilmektedir.

Gerilim kesildiğinde oku/yaz bellekte bulunan programlar silineceğinden bunların bir ortamda saklanması gereklidir. Kasetli teyp kayıtları için, seri giriş/çıkış biriminden çıkan sayısal imler, iki ayrı sıklıkta, 1200 Hz ve 1200 Hz'de modüle edilmektedir.

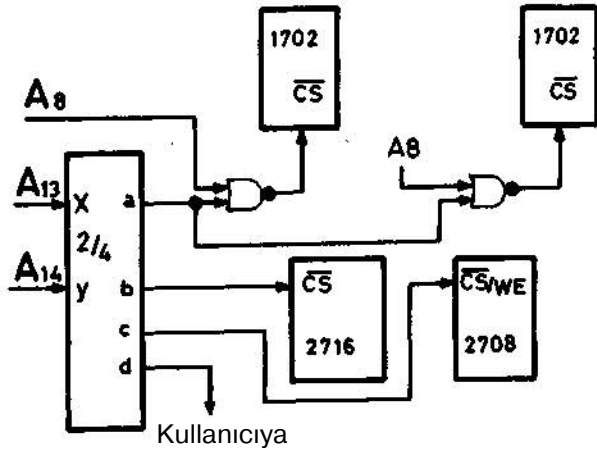
"Kansas City Standart" olarak bilinen bu yöntemde 0 düzeyindeki imler için 1200 Hz, 1 düzeyindekiler için 2400 Hz'lik dalgalar kullanılmaktadır.

Kaydedilen bilgilerin okunmasında imler bir demodülasyon devresinden geçirilerek önceki durumuna dönüştürülmekte ve seri giriş/çıkış birimine giriş verisi olarak gelmektedir. Yazılım, verileri belleğin istenen bölümüne yerleştirmektedir. Burada kullanılacak kasetli teypte ek özellikler olması gerekmemektedir.

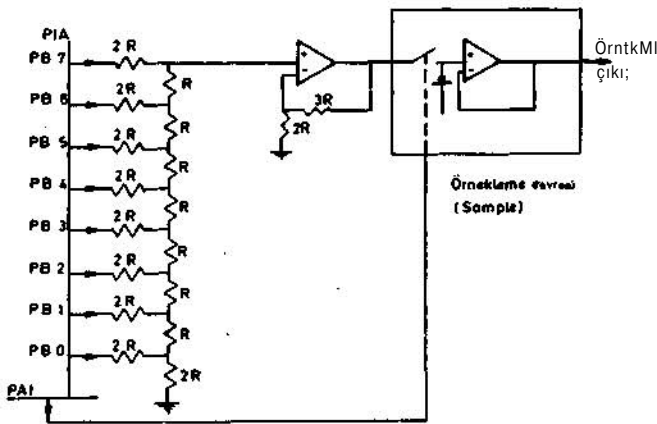
	VMA	RW	A ₁₅	A ₁₄	A ₁₃	A ₁₂	A ₁₁	A ₁₀	A ₉	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀		
0000-03FF	1	X	0	0				0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	RAM	Denetim p. ve kullanıcı oku/yaz bellek bölgesi
0400-07FF	1	X	0	0				0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1K	Eklenebilecek Yaz/Oku Bellek bölgeleri
0800-0BFF	1	X	0	0				1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2K	
0C00-0FFF	1	X	0	0				1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3K	
4004-4007	1	X	0	1											0	0	1	X	PIA1	(Kullanıcı)
4008-400F	1	X	0	1										0	1	0	X	AC1A		
4010-401F	1	X	0	1										1	0	0	X	PIA2		
8000-80FF	1	1	1	0						0	X	X	X	X	X	X	X	X	PROM1	1702 1702 dışarıdan ilave imkanı için
8100-81FF	1	1	1	0						1	X	X	X	X	X	X	X	X		
A000	1	1	1	0							X	X	X	X	X	X	X	X	PROM2	
C000-	1	1	1	1	0						X	X	X	X	X	X	X	X	PROM3	
E000	1	1	1	1	1				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PROM4	

X: 0/1 olabilir

Çizelge 1. Birim adresleri



Şekil 2. Salt Oku Bellek adresleme (seçme)



Şekil 3. Sayısal-örneksel çeviri devresi.

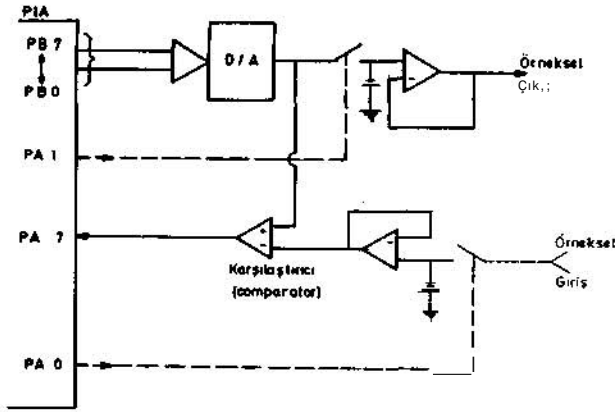
Mikroişlemcinin yukarıda anlatılan çevre birimlerinden herhangi birini seçebilmesi için bu elemanlara değişik adresler verilmiştir (Çizelge 1). Bu adresler 2/4 kod çözücülerden geçirilen ve çevre birimleri tarafından doğrudan kullanılmayan mikroişlemci adres uçları tarafından yaratılmaktadır. 8, 13 ve 14 numaralı adres uçlarının, SPSOB'ların adreslenmesinde nasıl kullanıldığı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Gerek salt-oku, gerekse oku/yaz belleklerde kullanıcıya bırakılmış adresleme (seçme) uçları ile 4 x 2 K SBSOB ve 3 x 1 K oku/yaz belleği eklemeye olanağı vardır.

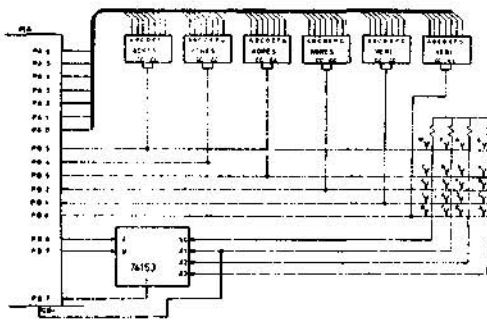
Bütün adres, veri ve denetim uçlarına kullanıcı tarafından erişilmesi sağlanmış, doğrudan belleğe erişim (DMA) olanakları gözönünde tutulmuştur. Bunlara ek olarak örneksel çevre ile ilişki kurulabilmesi için bir örneksel-sayısal, sayısal-örneksel çevirici sisteme eklenmiştir.

Şekil 3'de sayısal değerlerin örneksel değerlere çevrilişi görülmektedir. Burada paralel giriş/çıkış biriminin B yansı sayısal değerlerin çıkışı için, PA1 ise direnç grubunun sayısal verilere göre bulunduğu örneksel değerleri örnekleme (*sample-hold*) devresinin denetim ucu olarak kullanılmıştır.

Şekil 4'de ise, yazılımı da kullanıldığı için ilginç bir uygulama örneği olan örneksel-sayısal çeviri sistemi gösterilmektedir. Burada mikroişlemci, yazılım gereği PRO PR7 çıkışlarına 1000000_2 yollar. Bu tahmin analog devre çevrildikten sonra dışarıdan örneklenmiş



Şekil 4. örneksel-sayısal çeviri devresi.



ŞeMİ 5. Tuş tarama donanımı

(Tepeden tepeye en fazla 2V) analog değerlerle karşılaştırılır. Karşılaştırmanın sonucunda, yapılan tahminin asıl değerden büyük veya küçük oluşuna göre paralel giriş/çıkış biriminin giriş olarak seçilmiş PA7 ucu 1 veya 0 yapılır. PA7'deki veriyi değerlendiren mikro işlemci yaptığı tahminin büyütülmesi veya küçültülmesi konusunda karar verip, ikinci bir tahminde bulunur. Bu işlemler en yakın değer bulunana kadar tekrarlanır. Mikro işlemci her doğru tahmine 0,5 ms'den az bir zamanda erişebildiğinden bant genişliği 1000 Hz'e kadar olan imlerin sayısal biçime çevrilmesi mümkündür,

IV. DENETLEME PROGRAMI, SİSTEM YAZILIMI

Donanımı, mikro işlemciyle çevresine konan programlanabilir salt-oku ve oku-yaz bellekler, paralel/seri/giriş-çıkış birimleri ve bazı sayısal devreler kullanarak tasarlanan bir sistemin çalışır duruma gelmesi nasıl sağlar, ne gibi olanaklar vardır?

En az sayıda birimle, bir mikro işlemci ve oku-yaz bellekle kurulan bir mikro işlemci sisteminde, mikro işlemci durma (Halt) durumuna getirilip doğrudan belleğe erişim (DMA) yoluyla, önce 16-bitlik adres (normal 8-bitlik mikro işlemciler için konuşursak) adres yollarına bağlı anahtarların 1 veya 0 konumuna getirilmesiyle seçilir,

8 bitlik veri de veri yollarına bağlı anahtarlarla hazırlanarak belleğin oku/yaz girişine "yaz" vuruşu verilmesiyle belleğin seçilen yerine yazılır. Mikro işlemcinin komut kümesindeki 8 bitlik kodlarla hazırlanan programlar yukarıdaki işlemin tekrarlanmasıyla sistemin belleğine yerleştirilir. Bu işlem sırasında "durma"daki mikro işlemcinin veri ve adres uçları yüksek empedansta oldukları için iletim yollarını etkilemezler. Programın işler duruma getirilmesinde mikro işlemcinin donanım özelliğinden yararlanır. Sisteme "Reset" darbesi verildiğinde M6800 mikro işlemcisi 16 tabanında FFFE-FFFF adreslerini çıkartıp bu adreslerdeki 2 kelimelik veriyi uygulayacağı programın başlangıç adresi olarak alıp işleme koyar. Demek ki programın başlangıç adresi, FFFE-FFFF adreslerine cevap verecek bir belleğe "durma" durumunda yazılıp, anahtarın durma durumundan çekilmesiyle program çalıştırılır. Program sonuna konacak bir bekle (WAIT) koduyla da program bitiminde tekrar mikro işlemcinin durma durumuna geçmesi ve kullanıcının anahtarlara kumandası sağlanır. Normal olarak oku/yaz anahtarı oku konumunda olduğundan, durma veya bekleme durumunda adres seçmek yoluyla bellekteki veriler yollara uygun şekilde bağlanacak 8 tane ışık yayan diyot (LED) yardımıyla okunabilir.

Anahtarlarla kumandalı basit sistemde, belleğe yazma-okuma, program işletme, donanıma eklenecek paralel veya seri giriş/çıkış birimleri yardımıyla dış dünyayla denetim ilişkisi kurma olanakları vardır. Sistemin kullanıcı açısından güçlüğü bütün adres ve verilerin iki-tabanında tek tek anahtarlarla girilmesi, okurken de diyotların gösterdiği kodun tanınmasındadır ve başlangıç için makina-yaya yakınlığı açısından son derece öğretici olmakla beraber, uzun programların girilmesinde bu sistem yavaşlık ve hata yüzdesinin yüksekliği nedeniyle yetersizdir.

Makinaya yakınlık avantajını kaybetmeden verileri daha kolay girmenin yolu, iki tabanı yerine 16 tabanı kullanarak 8 bitlik bir veriyi 2 dörtlüğe ayırıp, herbirini 0-9 sayılar veya A-F harfleri olarak kodlamaktır. Bu şekilde 8 tane 1/0 yerine 16 tabanında iki sayı yeterli olur. Mikro işlemciler ve çevresindeki birimler 2 tabanında çalıştıklarından 16 tabanlı kodların belleğe yazılması ve okunması için kod çevirmeyi gerçekleştirecek olan bir program gereklidir, örnek bir sistemde bir klavyeden tuşlarla girilen 16 tabanlı veriler 2 tabanına çevrilip bellek veya sistemdeki sayaçlara yazılır, yine 2 tabanındaki sistem içi veriler 16 tabanına çevrilip 7-kesimli göstergelerle dışarı verilir. Gerek bu şekilde giriş/çıkışı sağlamak için kod çeviren programlan deneme olanağı veren bir sistemde, gerekse mikro işlemcili bitmiş bir denetim sisteminde donanım birimleri arasındaki ilişkileri düzenleyen ve sisteme salt-oku belleğe yazılmış olarak yerleştirilen bu işletim programları; denetim programı (monitör) olarak adlandırılır. Sistemde yapılacak değişiklikler (mikro işlemciye dayalı sistemin en önemli özelliklerin-

den biri esnekliğidir) salt-oku belleğin yeniden programlanmasıyla gerçekleştirilir. Program yazıp deneme olanağı veren "monitor"l bir sistemde geliştirilen bir kullanıcı programı, son şekliyle programlanıp konulduğu bir sistemin denetim programı görevini yüklenir.

Denetim programı kavramını bu şekilde özetledikten sonra, bir mikroşlemci uygulama ve öğrenme sisteminin denetim programından neler beklendiğine bakalım (Parantez içindeki hafler sistemdeki tuşları belirlemektedir.)

- i) 16 tabanında veri giriş/çıkışı, dolayısıyla belleği okuma belleğe kullanıcı programı yazma (M)-
- ii) Belli bir adresten başlayan programı çalıştırabilme(G).
- iii) Programın istenilen yerlerine durma noktaları koyup, işlerliğini takip edebilme, durduğunda mikroşlemcinin sayaçlarını ve istenilen bellek konumlarını okuyup değiştirebilme, programın kaldığı yerden devam ettirebilme (BP).
- iv) alışırken programı adım adım izleyebilme (I).
- v) Gerilim kesildiğinde oku-yaz bellek verilerini saklayamadıkları için, bellekten kasetli teybe program kaydetme (P) ve kasetten belleğe program yükleme (L), dolayısıyla kasetin kalıcı bellek olarak kullanılabilmesi,
- vi) Gerekebilecek ek özellikler.

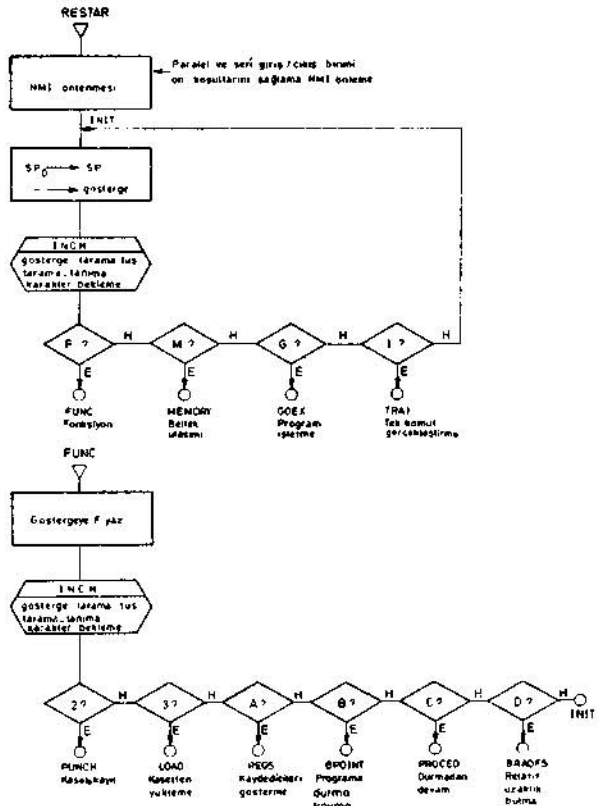
Sıralanan görevler arasında en önemlisi kuşkusuz 16 tabanında giriş/çıkıştır. Bunu, klavyenin tuşa basıldığını anlamak için taranıp tuş kodunun tanınması (yani giriş) ve istenilen verilerin 7-kesimli göstergede gösterilmesi (yani çıkış) olarak ikiye ayırabilir ve donanım ve/veya yazılımla gerçekleştirebiliriz. Giriş, bir klavye kodlayıcının tuşa basınca keme uyarısı (*interrupt*) göndermesi, mikroşlemcinin uyarı alınca, kodlayıcı belli bir adresteyse ve ıkışları veri yoluna doğrudan bağlıysa bu adresi okuyarak, ıkışlar paralel G/ ntesine bağlıysa veri sayacını okuyarak gelen kodu değerlendirmesiyle yapılabilir. ıkış ise iletim yollarına konan iki tabanından 16 tabanına ve 7-kesimine çevirici devrelerin 7-kesimli göstergelere bağlanmasıyla sağlanabilir. Her ikisi de donanımı yoğun, ek devre gerektiren ve ancak mikroşlemci gerçek zamanda devamlı başka iř yapıyorsa uyarıyla çalışmayı normal kılan çözümlerdir. Bir ğretim sisteminde mikroşlemci zamanı bol olduğundan yazılıma ağrılık verip uyarısız çalışabilir.

TES-68 sisteminde (şekil 2), 16 tabanında giriş çıkış için 16 ve denetim için 4 tane olmak üzere 20 tuş 4x5 bi matris olarak yerleştirilmiş, 4' adres 2'si de veri göstermek üzere 6 tane gösterge konulmuştur. Bir paralel giriş/çıkış biriminin A yarısı PA 0-6 ıkış, PA 7 giriş olarak programlanıp, 7 çıkış 6 göstergenin 'O'la çalışan "segment" seicilerine; B yarısı hep çıkış olarak programlanıp PB 0-5, 6 göstergenin katod seicilerine ve tuş matrisinin sıralarına, PB 6-7 matrisin 4 kolonunu giriş

olarak alan 1/4 seçici devrenin 2 adres girişine ve seçici çıkışı da PA 7 girişine bağlanmıştır. Yöntem, kesimleri karartıp bütün sıraları seçip sütunları tarayarak PA 7'den tuşa basılıp basılmadığının anlaşılması, basılışsa paralel giriş/çıkış biriminin B yarısını yazılan kodla tek tek sıra seçip kolonları tarayarak ve PA 7'yi sınyarak basılan tuş bulunduğunda B yarısında o sıra ve kolonu seçen kodu bir tuş tablosundaki kodlarla karşılaştırıp ait olduğu tuşun 16'lık karşılığının bulunmasıdır. Göstergeler için ise her basamağa bir tane olmak üzere 6 bellek yeri ayrılmıştır. Gösterilmek istenen karakterler bu yerlere 00-12i 6 olarak yazılırlar. Bir evrim tablosundan tablodaki sırası 16 tabanında ifade edilmiş bu karakterlerin 7-kesim karşılığı paralel giriş/çıkış biriminin A yarısı yoluyla göstergelerin "kesim" seicilerine yollanır. B yarısıyla da gösterge katodları sırayla seçilip taranarak altı basamak gösterilir.

Tuş tarama-tanımı ve gösterge tarama programları alt-yordam olarak yazılmış olduğundan devamlı birbiri ardından çağrılarak giriş/çıkış sağlamakta, kullanıcıya programlarında göstergeyi ve girişi kullanma olanağı vermektedir.

Giriş/ıkış sorunu çözümlendikten sonra denetim programının genel yapısına bakarsak gerilim uçları veya düğmeyle 'reset' darbesi gönderildiğinde FFFE-FFFF16 adreslerine cevap veren ana program (RESTAR) ile do-



şekil 6. Denetim programı akış izelgesi

nanımdarı gelecek önlenebilir (*Interrupt Request, IRQ*) ve önlenebilir (*Non-maskable Interrupt, NMI*) kesme istemlerine ve yazılım kesme istemine (*Software Interrupt Request, SWI*) cevap verecek (FFF8-FFFD1 e adreslerine cevap) kesme servis programlarından oluştuğunu görürüz.

Ana programda (Şekil 5 akış şeması), istif göstergesi (*Stack Pointer, SP*) ile paralel ve seri giriş/çıkış birimlerinin ön koşulları sağlandıktan sonra göstergede '-' işareti çıkartılıp tuşlardan kontrol karakteri beklenmekte ve gelen karakterin gerektirdiği yordama sapılmaktadır. Kullanıcı açısından M, E, G, F, 1 karakterleri aşağıdaki işlemleri sağlamaktadır.

- MXXXi6 : Belleğin XXXXi6 adresine okuyum-yazma, G tuşuyla adresi arttırma.
- £ : Kullanıcı programından veya denetim yordamlarından denetim programı başına dönme.
- GXXXi6 : XXXXi6 adresinden başlayan kullanıcı programının çalıştırılması.
- F X 16 : Xi6 kodlu fonksiyonun gerçekleştirilmesi.
- A : Mikroişlemci içindeki PC, X, A, B, CC ve SP sayaçlarının içeriklerinin okunması (G tuşuyla ilerleterek).
- B XXXXi6 : Kullanıcın programının yazılı olduğu bellekte XXXXi6 adresine bir durma komutu (*Break Point, BP*) koyarak program dönerken en fazla on yerde kullanıcının inceleyip akışa karışmasının sağlanması.
- C : Bir durma noktasında duran programın devamının sağlanması.
- D XXXX, 6 : Makina dilinde program yazılırken, görel adresleme mod'unda XXXX, . adresinden YYY_{16} adresine atlanırkenki uzaklığın bulunup, $OO-7F_{16}$ (ileri atlayış) veya $80-FFj_6$ (geriye atlayış) arasında ise adresine yazılması, değilse yanlışlığın 'Err' koduyla gösterilmesi.
- 2 : Başlangıç ve bitiş adresi daha önce belleğin belli yerine verilmiş olan bellek bölgesindeki verilerin kasete aktarılması.
3. : Kasetteki programın belleğe yüklenerek başlangıç adresinin ekranda çıkması.
- 1 : Bir 'BP'den başlayarak programın adım adım çalıştırılması.

Fonksiyon tuşu, tuş ekonomisi yaparak ilerde ek özelliklere olanak sağlamak amacıyla düşünülmüştür. Kısaca değinilecek olursa, program çalıştırmak için G işlemi, Kesme Programından Dönme(*Return from Interrupt, RTI*) komutundan yararlanılarak sağlanır. Bu komutun uygulanması istif bellekte istif göstergesinin (SP) gösterdiği adresten 7 eksiğine kadar (dahil) olan adreslerdeki değer-

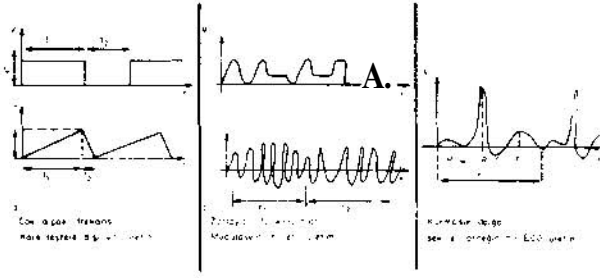
lerin mikroişlemci sayaçlarına yüklenmesini ve istif sayacının 7 yukarı çıkartılmasını sağlar. Program başlangıç adresi istif'deki Program Sayacı (*Program Counter, PC*) yerlerine yazılarak RTI uygulanarak program çalıştırılır. Program şurasında tuşlar ve göstergeler mikroişlemciler tarafından taranmadığından, başlamadan önce programdan çıkış için kullanılan E tuşu sırası seçilip, basıldığında sütunun paralel giriş/çıkış birimi yoluyla doğrudan mikroişlemciye NMI göndermesi önlemi alınmıştır.

Önlenebilir ve önlenebilir kesme servis programları (IRO ve NMI) için başlangıç adreslerinin oku-yaz bellekten alınması sağlanarak kullanıcının isterse kendi yazacağı "donanım kesmelerine cevap" programlarını, adreslerini bu başlangıç adreslerine yazarak kullanması olanağı verilmekle beraber, denetim programında da kendi görevlerini (E ile denetim programına dönme, adım adım program çalıştırma ve programda durma noktası kullanılması) yaparken kullandığı önlenebilir kesme (NMI) ve yazılım kesme (SWI) servis programları vardır. Durma noktalarının aslı, programın istenilen yerlerine yazılım kesme kodu olan $3Fi6$ lerin konulması ve program dönerken bunlara rastlanıldığında bu servis programıyla kontrolün kullanıcıya verilmesidir. (Fg) fonksiyonuyla tuşlarla girilen durma adresleri, bellekte bir tabloya yazılır. Program G tuşuyla başlatıldığında, tablodaki adreslerde bulunan komut kodları yine tabloda saklanıp programda yerlerine $3F_{16}$ konulur. $3F_{16}$ 'e kartlanıldığında gidilen SW programı, sayaçları gösterme, (FA), programıyla kullanıcıya "monitör" kontrolünü verir. (FC) fonksiyonuyla devam etmek istendiğinde, tek komut uygulayarak, (1), üzerinde durulmuş olan komut gerçekleştirilir ve donanım yardımıyla mikroişlemciye NMI verilir. NMI servis programı; tek adımdan gelmişse ve 'BP'ler varsa tablodaki adreslere bakarak yeniden $3F_{16}$ 'leri yerlerine koyar ve programa devam eder, 'BP' yoksa tek adımla gelen yeni adresi gösterir. NMI tek adım sonucu üretilmişse tek kaynağı E tuşu olabilir ki işleyen bir programdan denetim programına dönme sağlar.

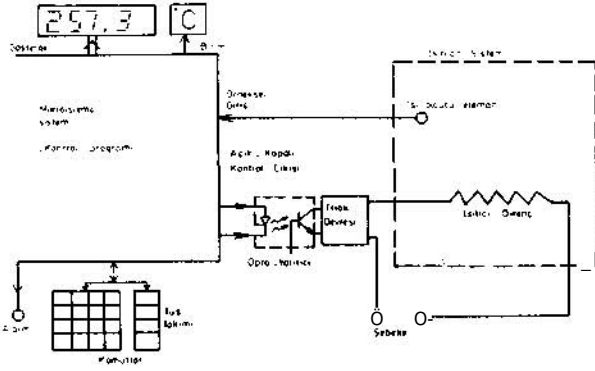
Kasete kaydetme-kasetten alma işlemleri seri giriş/çıkış birimi (ACIA) üzerinden olup, bu birimin giriş/çıkış, kelime uzunluk ve şekli, saat hızı için programlanması yardımıyla gerçekleştirilir.

Anlatılanların dışında kalan fonksiyonlar, tuş taramasına ve gösterge tarama alt yordamlarının kullanılması yanında, donanım gerektirmeden, yalnız yazılım yöntemleriyle oluşturulmuşlardır.

özel olarak TES-68 denetim programı 64K'lık Motorola 6800 adres bölgesinin en üst 1 K'lık bölgesine yerleştirilmiş, 128 byte'lık bir oku-yaz bellek de denetim programının gerektirdiği istif ve geçici veriler için kullanılmıştır.



Şekil 7. TES - 68'in Sayısal-örneksel çevirici uygulamaları



Şekil 8. Açık-Kapalı sıcaklık denetimi.

V. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

TES-68 üzerinde en yararlı uygulamaların başında M6800'ün komut kümesini denemek, öğrenmek ve program yazmak gelmektedir. Sistem bol giriş-çıkışı sayesinde her tür uygulamaya da olanak tanımaktadır, örneğin:

1) Sayısal-örneksel çıkış ile, (Şekil 6) (Şekil, Diyagram, liste, 7)

- Çok alçak frekanslara kadar (Saatler süren periyotlar, hatta alt sınır söz konusu değildir) inebilen kare, vuruş, testere, üçgen, sinüs v.b. periyodik dalga şekillerinin üretilmesi ve genlik, periyod ve idarbeboşluk oranlarının programlanabilmesi,
- Bir veya daha çok periyotların istenilen süre ve sayıda üretilip, karıştırılarak en karmaşık zorlayıcı fonksiyonların üretilmesi, genlik ve frekans modülasyonlu alçak ve çok alçak frekanslı işaret üretimi,
- Karmaşık (örneğin biyolojik elektrokardiyogram, elektroensefalogram vb.) EEG işaretlerin birleşimini kolaylıkla yapabilme ve gerek örneksel gerek sayısal devrelerle çok zor ve kısıtlı olarak yapılabilen bu tür işaret benzeticilerinin tüm parametreleri, değişebilir, programlanabilir ve her cins *patolo-*

jinin de benzetimi yapılabilir biçimde gerçekleştirilmeleri.

2) Örneksel-Sayısal (ADC) giriş ile,

- Yüksek duyarlık, doğruluklu sayısal voltmetre (veya Ampermetre, Ohmmetre). Bu uygulamada mikroişlemcinin tüm matematiksel işlem yapma olanaklarından yararlanılabilir ve örneğin bir Sensor (Transdüktör)un doğrusallaştırılması ve ölçme sonucunun mühendislik birimlerine çevrilerek gösterilmesi sağlanabilir.

- örneksel-sayısal çevircinin önüne bir çoklayıcı (multiplexor) eklenerek çok sayıda işaret (örneğin 8 veya 16) sayısallaştırılarak veri -biriktirme (*data acquisition*) sistemi oluşturulabilir.

3) S-ö ve Ö-S çeviriciler ile

- Çeşitli sayısal süzgeçler gerçekleştirilebilir.
- örneksel işaretin sayısal türevi (leri) ve integrali (leri) kayma (*drift, derive*) sorunu ortadan kalkacak biçimde alınabilir.
- En önemli uygulama ise örneksel işareti (veya çoğaltıcı yardımı ile işaretleri) sisteme girip işlem gördürüp (örneğin diferansiyel denklem takımları çözündürüp) örneksel çıkışlardan yararlanarak, doğrudan sayısal kontrol (DDC) yapabilmektir.

4) Opto-yalıtıcı ve Triak ile güç kontrolü.

Bir mikroişlemci sistemine bağlanan böyle bir düzenle şehir şebekesindeki büyük yükleri (birkaç 100 W'd'n 5-10 kW veya daha yukarıya kadar) denetlemek olanağı doğar. Mikroişlemci örneksel-sayısal giriş ine bağlı bir sıcaklık ölçme düzeni ile giriş alıp aynı birimin çıkışı ile bir ısıtıcı, aç-kapa denetimiyle (*on-off control*) ısı düzenlemesi yapabilir (Şekil 7) Sistemin göstergesi ve tuş takımından sıcaklığı okuma ve çalışma noktası, alarm sınırları vb. konutları girme gibi işlevlerde yararlanılabilir.

KAYNAKLAR:

- Wiles Michel, "*Compatibility cures growing pains of microcomputer family*"; **Electronics**, 2 Şubat 1978, s. 95-103.
- M6800 Microprocessor Apparatus Manual, Motorola Semiconductor Products Inc. 1975.
- Motorola M6800 Programming Reference Manual, 1976.
- Motorola M6800 Microprocessor Programming Manual, 1975.