



8 BİT GENEL AMAÇLI BİR MİKRODENETLEYİCİNİN ÇOK BÜYÜK ÖLÇEKLİ TÜMLEŞİK DEVRE TEKNOLOJİSİ İLE TASARIMI

(VLSI DESIGN OF AN 8 BIT GENERAL PURPOSE MICROCONTROLLER)

Nalan Erdaş ÖZKURT*, Mustafa GÜNDÜZALP*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada 8 bitlik genel amaçlı bir mikrodeneleyicinin Çok Büyük Ölçekli Tümeleşik Devre Teknolojisiyle tasarımı 1.6 μ CMOS çift metal teknolojisine esas alınarak ve Kapı Dizisi Tasarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarımda, önce mikrodeneleyiciyi oluşturan temel bloklar ve bunların davranışları belirlenmiş, blokların mantık devre tasarımı yapılmıştır. Daha sonra, tasarlanan mantıksal devrelerin benzetim çalışmaları yapılmış ve tüm birimlerin VLSI serimleri Linux işletim sistemi kullanan bir bilgisayarda Hollanda-Delft üniversitesinin geliştirdiği Ocean tasarım paketi ile hazırlanmıştır. Son olarak da birimler mikrodeneleyiciyi oluşturmak üzere serim planı üzerinde yerleştirilmiş, analog ve sayısal anahtarlama seviyeli simulatörlerle benzetim çalışmaları yapılmıştır. Benzetim çalışmaları sonucu mikrodeneleyici taşıma komutları, aritmetik ve mantıksal komutlar, döndürme ve kaydırma komutları, koşullu ve koşulsuz dallanma komutları, giriş-çıkış komutları ve denetim komutları olmak üzere 6 alt gruba ayrılan 31 komutu doğru olarak işlemiştir. Harici veri yolu 16 bit olan mikrodeneleyici yaklaşık 10,000 transistör içerir, 25MHz de çalışır ve toplam güç harcaması 5V besleme için 82.5mW tır. Bu makalede mikrodeneleyicinin özellikleri, tasarım basamakları, elde edilen sonuçlar anlatılmış ve bu sonuçlar aynı ölçekteki mikrodeneleyicilerle ve mikroişlemcilerle karşılaştırılmıştır.

This study includes the VLSI design of an eight bit general purpose micro controller with Sea-of-Gates design style and 1.6 μ double metal CMOS technology. The system blocks and the behavior of these blocks are defined and the logical design is implemented in gate level in the design phase. Then, the logic circuits are simulated and all of the subunits are converted into 1.6 μ double metal CMOS VLSI layout with Ocean Design System, developed by Delft University-Netherlands, in a PC using Linux operating system. Finally, in order to construct the micro controller these units are placed in the floor plan and simulated with analog and digital switch level simulator. The results of the simulations indicates that the micro controller can run 31 instructions which can be divided into six subgroups: transfer instructions, arithmetic and logic instructions, rotate and shift instructions, branch instructions, input/output instructions, control instructions. The external bus of the micro controller is 16 bit, it includes approximately 10,000 transistors and runs in 25MHz, and its power consumption is 82.5mW for 5V bias voltage. In this paper, the properties of the micro controller, the design steps and the obtained results are explained and the results are compared with the micro controllers and the microprocessors of the same scale.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Mikrodeneleyici, Mikroişlemci, Tümeleşik devre tasarımı, Mantık devreleri tasarımı
Microcontroller, Microprocessor, VLSI design, Logic design

1. GİRİŞ

Bir elektronik devrenin boyutunu minimize etmek, hızını ve performansını arttırmak günümüz elektroniğinin en önemli hedefleri arasında gelmektedir ve bu konudaki isteklere cevap vermek amacıyla tümleşik devre teknolojisi sürekli gelişmektedir. Ülkemizde de bu konuda özellikle üniversiteler ve araştırma kurumları tarafından pek çok çalışma yürütülmektedir. Bu gelişime katkıda bulunmak amacıyla bu çalışmada Çok Büyük Ölçekli Tümleşik Devre teknolojisi kullanılarak 8 Bitlik bir mikrodenetleyici tasarlanmıştır.

Tasarım için 1.6 μ çift metalli CMOS süreci kullanılmıştır. Bu süreç n-kanallı ve p-kanallı alan etkili transistörler içerdiği için diğer teknolojilere oranla daha kullanışlıdır, daha az güç tüketir, karmaşıklığı daha azdır ve TTL teknolojisi ile karşılaştırıldığında aynı alan üstüne yerleştirilebilecek bileşen sayısı daha yüksektir. Ayrıca simetrik yapısı nedeniyle tasarımda çeşitli kolaylıklar sağlar (Pucknell vd., 1997; Fabricius, 1990). Bu avantajları dolayısıyla bu süreç tercih edilmiştir.

Bir tümleşik devrenin tasarımı için üç temel yöntem vardır: Kapı Dizisi Tasarım yöntemi (Gate Array veya Sea-of-Gates), Yarı Özel Tasarım yöntemi (Semi-Custom Design) ve Tam Özel Tasarım (Full-Custom Design) yöntemi. Kapı dizisi tasarım yönteminde önceden hazırlanmış bir yonga imgesi üzerinde hiç bir bağlantısı yapılmamış transistör ve bağlantı kanalları bulunur. Tasarımcı bu transistörler arasındaki bağlantıları yaparak gerekli elemanları elde eder (Aşkar vd.,1990; Pucknell vd., 1997; Fabricius, 1990). Bu çalışmada Kapı Dizisi Tasarım yönteminin kullanılmasının sebebi tasarım zamanını en aza indirmesidir.

Tasarımın yapılması amacıyla PC üzerine Linux işletim sistemi kullanılarak işstasyonlarının (workstation) performansına yakın düzeyde performans sağlanmıştır. Kullanılan program paketi ise Hollanda- Delft Teknik Üniversitesinin geliştirdiği Ocean isimli tasarım programıdır. Bu program kapı dizisi yöntemiyle tasarım yapılmasını destekleyen sentez, test ve benzetim programları içerir. Ayrıca hiyerarşik tasarımı da destekler. Böylece yapılan alt seviyeli birimler bir araya getirilerek daha büyük birimler elde edilebilir. Program paketinin otomatik serim seçeneğinin de olmasına rağmen daha optimal ve düzenli bir yapı elde etmek amacıyla tüm tasarım manual olarak yapılmıştır (Groeneveld vd., 1993).

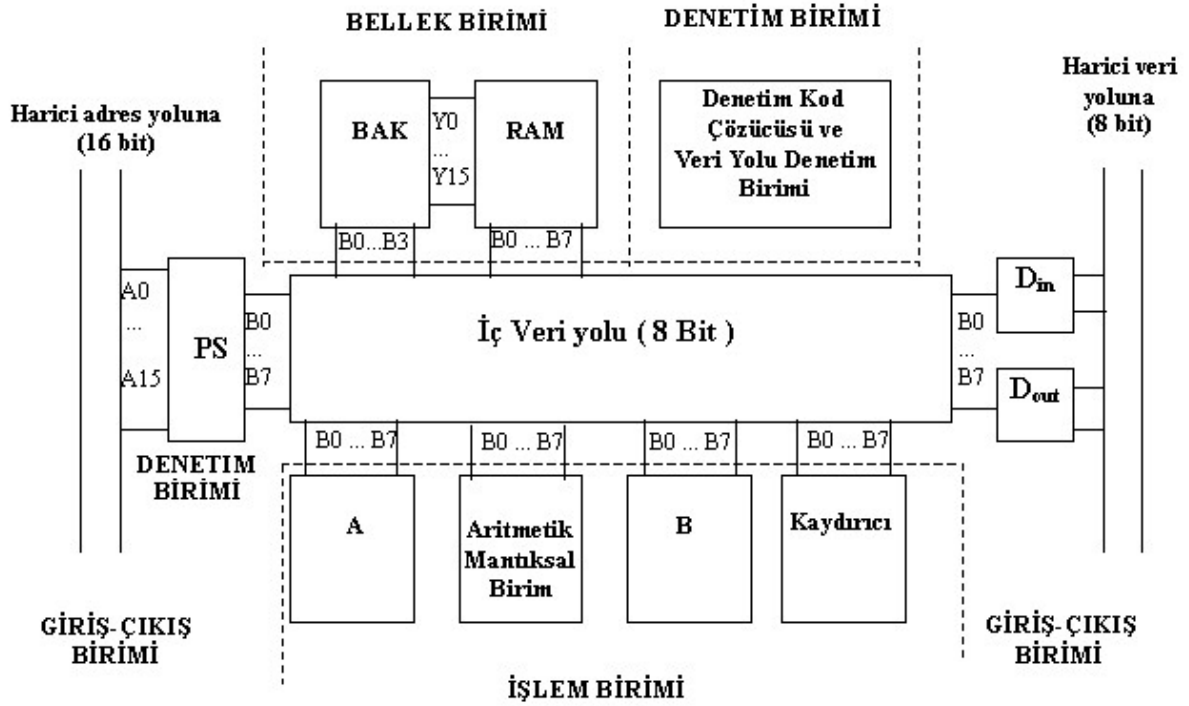
Bu çalışma sırasında izlenen yöntem şöyle özetlenebilir, ilk olarak mikrodenetleyici işlevsel bloklara ayrılmış ve bu blokların davranışları dolayısıyla mikrodenetleyicinin davranışsal yapısı ve komut seti hazırlanmıştır. Temel bloklar daha da küçük modüllere ayrılarak bu alt birimlerin mantıksal tasarımları yapılmış ve her birimin anahtar seviyeli ve mantıksal benzetim çalışmaları sayısal ve analog olarak gerçekleştirilmiş en iyi sonuçları alana kadar tasarımın geliştirilmesine devam edilmiştir. Alt birimlerin serim planında yerleştirilmesinin ardından mikrodenetleyicinin benzetim çalışmaları yapılmış ve örnek programlar çalıştırılmıştır.

2. MİKRODENETLEYİCİNİN YAPISI

8-bitlik genel amaçlı mikrodenetleyicinin yapısı veri yolu merkezlidir yani veri akışı tüm elemanlara bağlı ortak bir veri yolu üzerinden gerçekleştirilir. Böylece komutlara ve verilere daha kısa sürede ulaşıldığından bir komutun işlenmesi için gereken mikro işlem sayısı azalmış ve sistem hızlanmış olur (Tredennick, 1987; Spruth, 1989). Tüm alt birimler, tamponlar ve iletim geçitleri ile veri yolundan ve birbirlerinden ayrılmıştır. Ayrıca veri yolunu hangi birimin kullanacağı denetim biriminin ürettiği işaretlerle belirlenmektedir.

Mikrodenetleyicide mikro program denetim yöntemi kullanılır. Bu yöntemde komutlar mikrodenetleyicinin bir saat işareti periyodunda gerçekleyebildiği mikro işlemlere ayrılır. Her bir mikroişlemcin gerçekleştirilmesi için gereken denetim işaretleri ise denetim belleğinde

saklanır. (Mano, 1979; Mc Calla, 1992; Tredennick, 1987). Böylece denetim birimi komut kodlarının çözülmesi ve mikrodenetleyicinin uyum içinde bu komutları gerçekleştirmesi için gerekli denetim işaretlerini bellekten okur ve gerekli birimlere gönderir.



Şekil 1. Mikrodenetleyicinin blok diyagramı

Şekil 1'de görüldüğü gibi mikrodenetleyici işlem birimi, bellek birimi, giriş-çıkış birimi ve denetim birimi olmak üzere dört ana birime ayrılabilir. İşlem birimi aritmetik ve mantıksal işlem birimi, 8-bit paralel giriş-çıkışlı kaydırıcı ve 8 bit genel amaçlı A ile B kayıtçılarını içerir. Bellek biriminde 16x8 bit RAM, adresleme kayıtçısı ve kod çözücüsü bulunur. Giriş-çıkış birimi entegre devre ile dış dünya arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla gereken port yapısını, giriş ve çıkış kayıtçılarını kapsar. Denetim birimi ise program adres kayıtçısı, denetim adres kayıtçısı, denetim belleği ve kod çözücüsünü içerir.

Mikrodenetleyicinin gerçekleyebildiği komutlar altı ana grupta toplanabilir. Bunlar taşıma komutları, aritmetik ve mantıksal komutlar, döndürme ve kaydırma komutları, koşullu ve koşulsuz dallanma komutları, giriş-çıkış komutları ve denetim komutlarıdır.

Bir komutun mikrodenetleyici tarafından gerçekleşmesi için ilk olarak harici program belleğinden komut kodu dış veri yolu ve giriş kayıtçısı yoluyla denetim birimine aktarılır. Denetim biriminden bu komut için gerekli işaretlerin üretilmesiyle komutun işleyişi başlatılır. Mikrodenetleyicinin başlangıç adresinden yeniden başlatılması için kullanılan SFR ve programın bittiğini gösteren DUR denetim komutları operanda ihtiyaç duymadığından bu işlemler tek mikro işlemde gerçekleştirilir. Taşıma, aritmetik ve mantıksal, döndürme ve kaydırma komutları için adresleme moduna göre gereken veri, harici bellekten, kayıtçılardan veya iç bellekten alınır. Daha sonra aritmetik-mantıksal birim tarafından işlem gerçekleştirilir ve sonuç istenen kayıtçı ya da bellek adresine yazılır. Dallanma komutlarında dallanma adresinin en az anlamlı 8 biti harici bellekten okunur ve böylece 255 byte lık bir sayfa içinde dallanma gerçekleştirilir. Eğer dallanma komutu koşullu ise önceki işlemlerin sonucuna göre değer alan Elde ve Sıfır bayraklarının değerlerine göre dallanma gerçekleştirilir ya da gerçekleştirilmez. Çıkış komutlarında ise kayıtçılardan ya da iç bellek adreslerinin içeriği veri çıkış kayıtçısı ve port yoluyla mikrodenetleyici dışına gönderilir.

3. MİKRODENETLEYİCİNİN TASARIMI

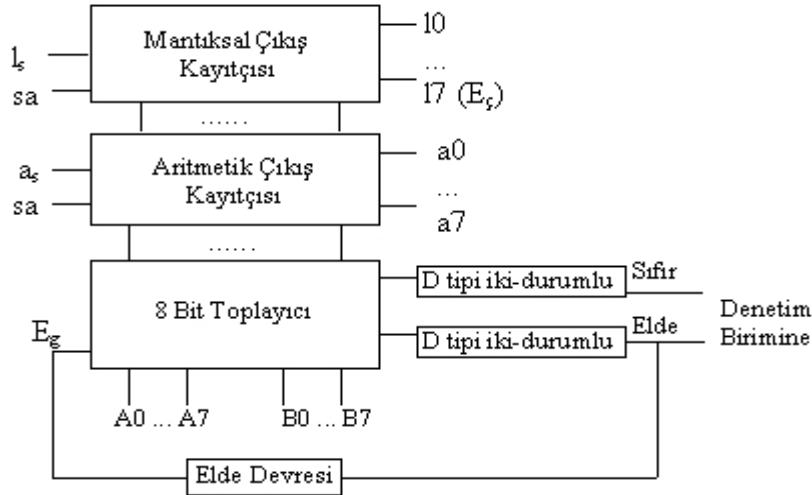
Bir tümleşik devre tasarımında, birimlerin, sistemi oluşturacak standart hücrelerle ifade edilmesi çok önemlidir. İlk aşama olarak, standart hücreler bulunur ve istenilen işlev bu hücrelerin tekrarlanması ile elde edilir. Bu çalışma sırasında da öncelikle ana birimler alt birimlere ayrılarak bu alt birimler için transistör seviyesinde standart hücreler tasarlanmış ve bu hücrelerin tekrarlanmasıyla istenilen elemanlar oluşturulmuştur. Bu bölümde her bir alt birim için tasarım basamakları anlatılacaktır.

3.1. İşlem Birimi

İşlem birimi veriler üzerinde aritmetik-mantıksal işlemler ve kaydırma işlemlerinin yapıldığı birimdir. Bunun yanı sıra verilerin belleğe ve kayıtçılara yazılması ile bu birimler arasında taşınmasını sağlayan taşıma komutları da işlem birimi tarafından gerçekleştirilir. Aritmetik-mantıksal birim, A ve B kayıtçıları ve kaydırıcı işlem birimini oluşturur.

Aritmetik ve Mantıksal birim 8 bitlik bir toplayıcı, aritmetik ve mantıksal çıkış kayıtçıları, durum bayrakları ve bileşimsel mantık elemanlarını içerir. Toplayıcı verileri A ve B kayıtçılarından alır ve sonuçları aritmetik ve mantıksal çıkış kayıtçıları yardımıyla iç veri yoluna gönderir. Elde ve Sıfır bayrakları için iki D tipi iki-durumlu kullanılmıştır ve bu iki-durumluların çıkışları koşullu komutlarda değerlendirilmek üzere denetim birimine bağlanmıştır.

Aritmetik-Mantıksal birimin blok diyagramı Şekil 2’de verilmiştir. “C_{in}” giriş eldesini, “C_{out}” çıkış eldesini, “ck” saat işaretini, “I_s” mantıksal seçim bitini ve “a_s” aritmetik seçim bitini ifade eder.

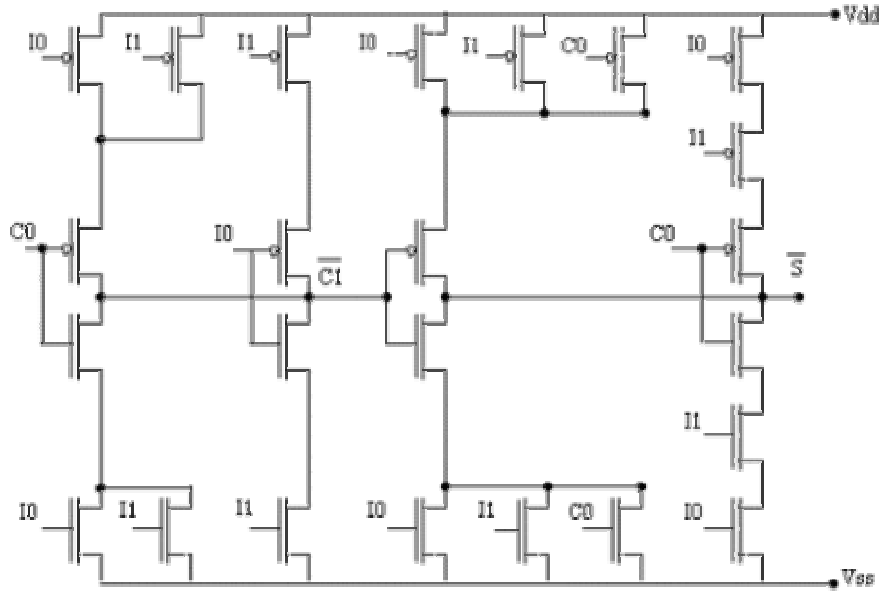


Şekil 2. Aritmetik-mantıksal birimin blok diyagramı

Çeşitli toplayıcı yapılarının araştırılmasının ardından bu yapıların tasarımı ve benzetim çalışmaları yapılmıştır (Mc Calla, 1992; Pucknell vd., 1997; Fabricius, 1990). En iyi sonuçları veren ve simetrik CMOS kapı dizisi tasarıma en uygun yapıda olan toplayıcının bir hücresinin işlevi eşitlik (1) ve (2) ile ifade edilebilir (Pucknell vd., 1997). Şekil 3’te bu toplayıcının bir hücresinin devre şeması görülmektedir.

$$\text{Toplam: } S = \overline{C_1} (I_0 + I_1 + C_0) + I_0 \cdot I_1 \cdot C_0 \quad (1)$$

$$\text{Elde: } C_1 = (I_0 + I_1) \cdot C_0 + I_0 \cdot I_1 \quad (2)$$



Şekil 3. Toplayıcı hücresi

I_0 ve I_1 giriş bitlerini, C_0 giriş eldesini, C_1 çıkış eldesini ve T sonucu ifade eder. Denklem 1 ve 2 düzenlenerek Denklem 3 ve 4 elde edilebilir.

$$C_0 = 0 \Rightarrow C_1 = I_0 \cdot I_1 \quad (3)$$

$$C_0 = 1 \Rightarrow C_1 = I_0 + I_1 \quad (4)$$

Bu denklemlerden görüldüğü gibi elde bayrağının değeri değiştirilerek girişlere VE ve VEYA mantıksal işlemleri uygulanabilir. Ayrıca Denklem 5, 6, 7 ile mantıksal DEĞİL, artırma ve azaltma işlevleri de elde edilir.

$$I_1 = FFH \Rightarrow C_1 = \bar{I}_0 \quad (5)$$

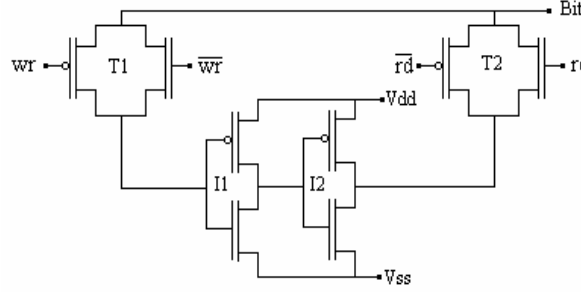
$$I_1 = 01H \Rightarrow T = I_0 + 1 \quad (6)$$

$$I_1 = FFH \Rightarrow T = I_0 - 1 \quad (7)$$

Böylece bir toplayıcı ile aritmetik-mantıksal birimin işlevleri gerçekleştirilmiş olur. Tasarlanan toplayıcı hücrelerinden sekiz tanesinin ardışık bağlanması ile 8 bitlik toplayıcı elde edilir. Aritmetik işlemlerin çıkışı her bir hücrenin toplam çıkışından alınır ve aritmetik çıkış kayıtçısında tutulur. Benzer şekilde mantıksal işlemler için çıkış elde bitlerinden alınır ve mantıksal çıkış kayıtçısına gönderilir.

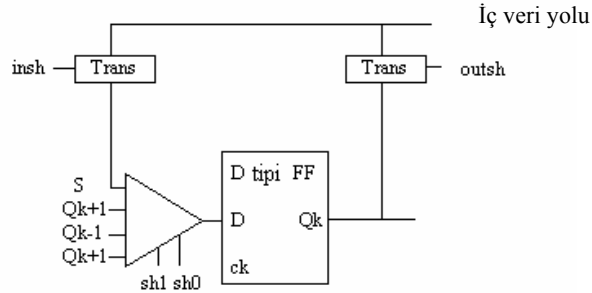
İşlem birimi komutlar için gerekli olan verilerin tutulması amacıyla iki genel amaçlı kayıtçı içerir. Bunlar A ve B kayıtçılarıdır. Kayıtçılar bellek elemanları için kullanılan standart hücrelerden oluşturulmuştur (Pucknell vd, 1997; Geiger vd, 1990). Bu hücre iki

evirici ve iki iletim kapısından oluşur (Şekil 4). Yazdırma işareti birinci iletim kapısını (T_1) iletime geçirir ve veri yolundaki bit iki evirici I_1 ve I_2 de saklanır. Okuma işaretinin aktif edilmesiyle de depolanan bit veri yoluna gönderilir.



Şekil 4. Kayıtçı hücresi

Döndürme ve kaydırma işlemlerin yapılması için İşlem Birimi 8 bit paralel yükleme kapasiteli bir kaydırıcı içerir. Kaydırıcı D tipi iki-durumlular ve mantık devrelerinden oluşturulmuştur. Bir kaydırıcı hücresinin blok diyagramı Şekil 5'tedir. "insh" ve "outsh" işaretleri sırasıyla giriş ve çıkış denetim işaretleridir. "Trans" iletim geçidini, " Q_k ", " Q_{k+1} " " Q_{k-1} " sırasıyla hücrenin, bir sonraki ve bir önceki hücrelerin çıkışlarını ifade eder.



Şekil 5. Kaydırıcı hücresi

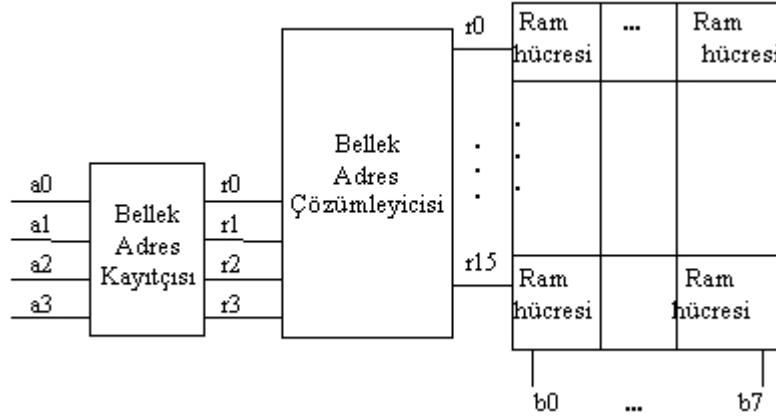
Kaydırıcının gerçekleyebildiği işlevler Çizelge 1'de görülmektedir. Saat işaretinin yükselen kenarındaki sl_1 ve sl_0 seçme işaretlerinin konumlarına göre yükleme, sağa ve sola kaydırma ya da sağa döndürme işlemleri yapılır (L:0V, H:5V).

Çizelge1. Kaydırıcı işlev çizelgesi

Saat	Sh1	sh0	İşlev
↑	L	L	Yükle
↑	L	H	Sağa Kaydır
↑	H	L	Sola Kaydır
↑	H	H	Sağa Döndür

3.2. Bellek Birimi

Bellek birimi program işleyişi sırasında geçici olarak verilerin saklanması ve gerektiğinde bu bilgilerin tekrar alınabilmesi için tasarlanmıştır. 16x8 bit RAM (Read-Write Memory), adres çözümleyicisi ve bellek adres kayıtçısını (BAK) içerir. Bellek biriminin blok diyagramı Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Bellek birimi blok diyagramı

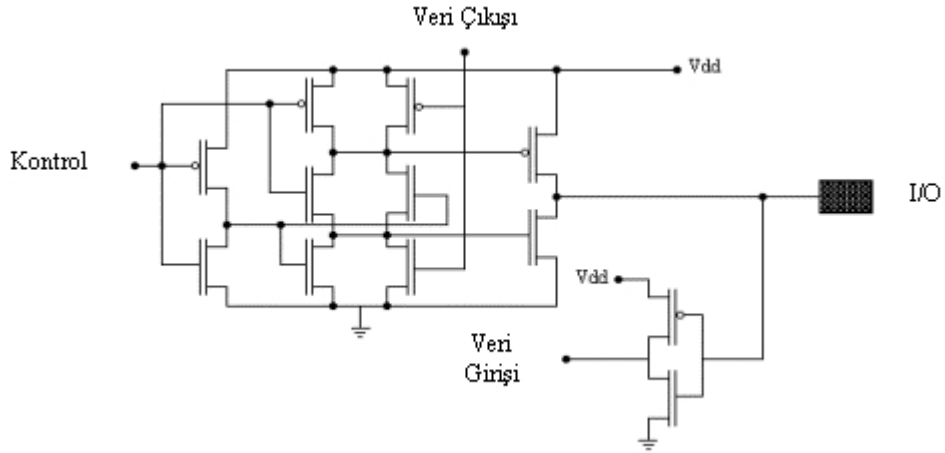
RAM için çapraz-eşlenik iki evirici ve iki geçiş transistörü içeren statik bellek hücresinin ve depolanan bitin okunması için akım yansıtımlı sezme yükseltecinin tasarımı yapılmıştır (Kang vd., 1996), (Uyemura, 1993). Ancak kullanılan Fishbone imgesinde transistörlerin boyutları standart olduğu ve okuma devresindeki transistör boyutlarının oranı önemli olduğundan bu devre ile depolanan bitin okunması mümkün olmamıştır. Bu yüzden de bellekte de kayıtçılar için hazırlanan hücreler kullanılmıştır. RAM matrisinin saat girişi, 16 satır seçme işareti, veri yazma ve okuma girişleri bulunmaktadır. Ocean veri-tabanında bulunan standart kapı elemanları ile kurulan 4'ten 16'ya adres çözümleyici bellek adres kayıtçısından aldığı 4 bitlik adres ile 16 RAM satırından birini seçer ve okuma ya da yazma işleminin yapılmasını sağlar. Bellek adres kayıtçısı yazma ve okuma işlemleri sırasında bellek adresinin sabit tutulması amacıyla kullanılır. Bu kayıtçı da D tipi iki-durumlulardan oluşmaktadır.

3.3. Giriş-Çıkış Birimi

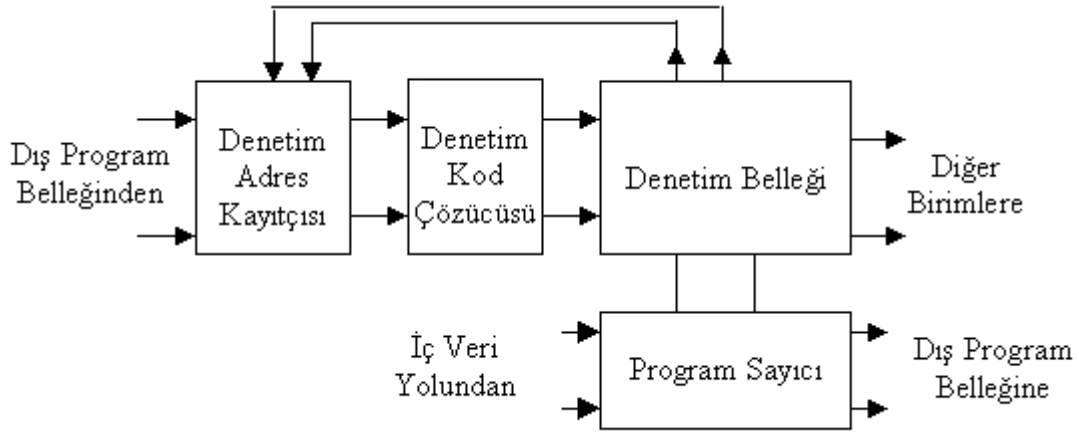
Giriş-Çıkış birimi mikrodenetleyicinin bileşenleri ile dış dünya arasındaki veri alış-verişini sağlamak amacıyla veri giriş ve çıkış kayıtçılarını ve portları içerir. Giriş ve çıkış kayıtçıları iletim geçitleri ve D tipi iki-durumlular ile gerçekleştirilmiştir. Her bir kayıtçının bir denetim işareti bulunur ve denetim biriminden gelen aktif işaret ile giriş kayıtçısı porttan iç veri yoluna, çıkış kayıtçısı da iç veri yolundan porta veriyi taşır. Giriş-Çıkış portu için Şekil 7'deki çift yönlü yapı kullanılmıştır (Uyemura, 1993). Böylece bir denetim işareti ile giriş ya da çıkış verisi porta gönderilebilmekte ya da alınmaktadır, denetim işaretinin aktif olmadığı zamanlarda ise çıkış yüksek empedans gösterir.

3.4. Denetim Birimi

Denetim birimi mikrodenetleyicinin her bir birimin çalışması ve ortak veri yolunu kullanması için gerekli denetim işaretlerini üretir. Mikrodenetleyici mikro program denetim yöntemini kullanır yani tüm komutlar için gerekli denetim işaretleri denetim belleğinde saklanır. Böylece denetim birimi denetim belleği, denetim adres kayıtçısı ve kod çözücüsünü içerir. Ayrıca harici program belleğini adreslemek için kullanılan program sayıcı da denetim biriminin kapsamına girer.

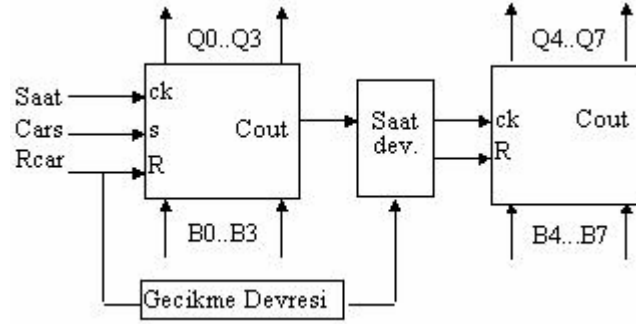


Şekil 7. Çift yönlü port devresi



Şekil 8. Denetim biriminin blok diyagramı

Program sayıcı program belleğini adresler ve komut kodu denetim adres kayıtçısına alır. Denetim adres kod çözücüsü ise bu komuta ait mikro işlemlerin bulunduğu denetim bellek adresini gösterir. Böylece komut için gerekli denetim işaretleri üretilmiş olur. Denetim belleğinden denetim adres kayıtçısına giden geri besleme ise denetim biriminin bir sonraki işlemini belirler. Denetim adres kayıtçısı paralel yükleme kapasiteli 8 bitlik bir sayıcıdır. D tipi iki-durumlularla gerçekleştirilmiş iki 4 bitlik sayıcının ardışık bağlanması ile oluşturulmuştur (Şekil 9). Q0-Q7 bitleri sayıcının çıkışlarını, B0-B7 veri yolundan girişleri göstermektedir. Çizelge 2 de Denetim Adres kayıtçısının işlevleri görülmektedir. Sıfırlama işlemi ile program belleğinin ilk iki adresinde bulunan komut yakalama mikro işlemleri gerçekleştirilir. Artırma işlemi ile mikro programdaki bir sonraki mikro işleme ulaşılır. Yükleme ile ise iç veri yolundan alınan 8 bit ile dallanma komutları işlenir.

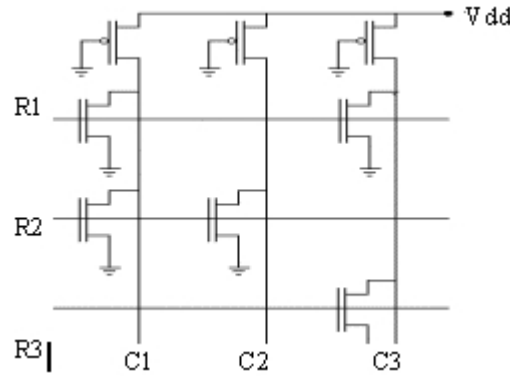


Şekil 9. Denetim adres kayıtcısının blok diyagramı

Çizelge 2. Denetim adres kayıtcısının işlev çizelgesi

Saat	Rcar	Cars	İşlev
↑	H	X	Sıfırla
↑	L	H	Arttır
↑	L	L	Yükle

Denetim belleği ROM (Read Only Memory) hücreleri ile gerçekleştirilmiştir (Taub vd.,1983; Kang vd.,1996). 3x3 lük örnek bir ROM matrisi Şekil 10'da ve bu matrisin doğruluk çizelgesi de Çizelge 3'te görülmektedir. Mikrodenetleyicinin toplam 25 denetim değişkeni ve 75 komut mikroişlemci vardır. Bu yüzden denetim belleğinin 25 sütunu ve 75 satırı bulunmalıdır.

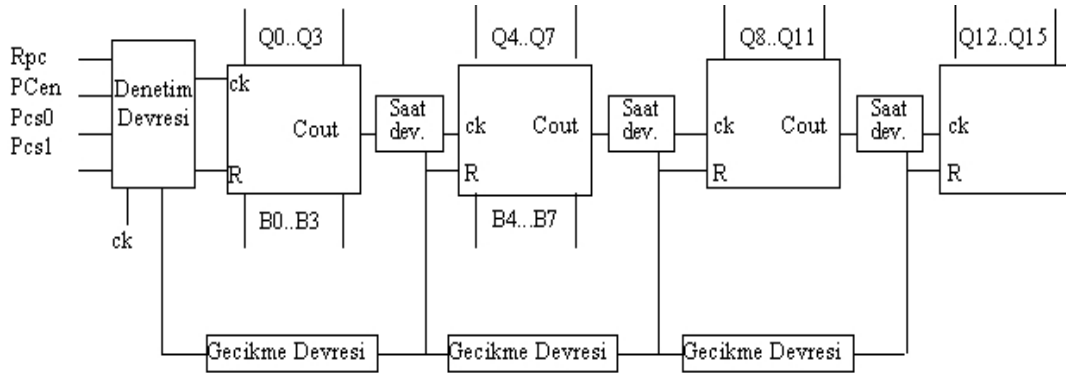


Şekil 10. 3x3 bellek matrisi

Çizelge 3. Bellek matrisinin doğruluk çizelgesi

Giriş (ikili)			Çıkış (ikili)			Çıkış (onaltılı)
R1	R2	R3	C1	C2	C3	
1	0	0	0	1	0	2
0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	1	0	6

Program sayıcının görevi dış program belleğindeki komut ve verileri adresleyerek program akışını sağlamaktır. Bu yüzden de program sayıcı yükleme, artırma ve sıfırlama özelliklerine sahip 16 bitlik bir sayıcı olmalıdır. Bunun yanı sıra koşullu komutlarda da alacağı değer durum kayıtlarına bağlı olmalıdır. Böyle bir sayıcı denetim adres kayıtları için hazırlanan 4 bitlik sayıcılar ve mantıksal kapılar ile tasarlanmıştır. Program sayıcının blok diyagramı Şekil 11’de işlev çizelgesi ise Çizelge 4’tedir. “Rpc” sıfırlama, “PCen” izin, “Pcs0” ve “Pcs1” işlev seçme bitleridir.



Şekil 11. Program sayıcının blok diyagramı

Çizelge 4. Program sayıcının işlev çizelgesi

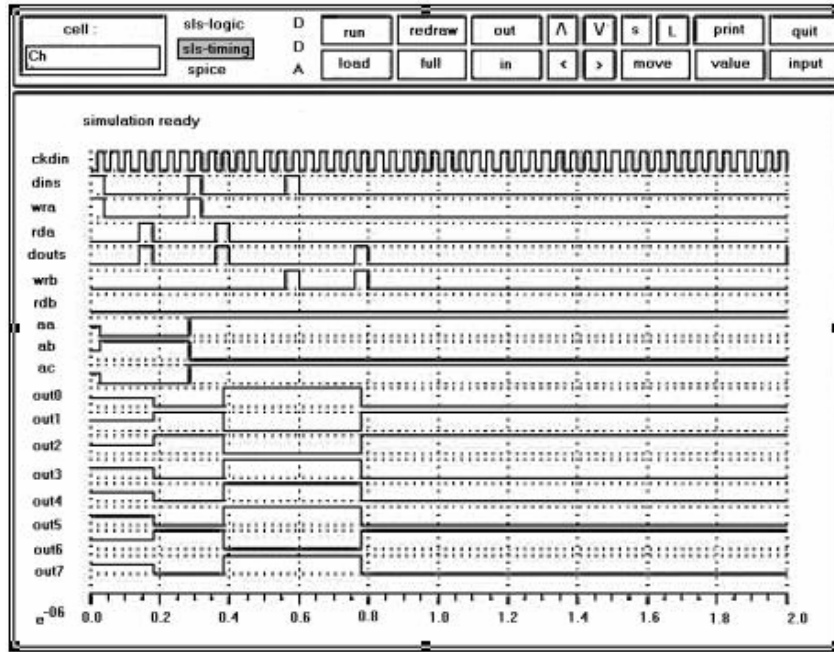
Saat	Rpc	Pcen	Pcs1	Pcs0	İşlev
↑	0	0	0	0	Dur
↑	1	0	0	0	Sıfırla
↑	0	1	0	0	Yükle
↑	0	1	0	1	Artır
↑	0	1	1	0	Sıfır Bayrağına bağlı
↑	0	1	1	1	Elde Bayrağına bağlı

4. MİKRODENETLEYİCİNİN SERİMİ VE BAŞARIM ANALİZİ

Bir tümleşik devrenin tasarımında serimin yapılması ve saat işaretinin dağıtımı önemli bir konudur. Saat dağıtımı ile ilgili çeşitli yapıların incelenmesinin ardından saat işareti ağaç yapısı tamponlarla dağıtılmıştır. Daha sonra tüm alt birimler serim planında yerleştirilmişlerdir (Pucknell vd., 1997; Tellez vd., 1997; Uyemura, 1993; Fabricius, 1990). Yerleştirme işlemi manuel olarak yapılmış ve metal hatlar kısaltılması esas alınmıştır. Mikrodenetleyicinin tasarımındaki son basamak sistemin bir bütün halinde benzetim çalışmalarının yapılması olmuştur. Bu işlem için denetim işaretleri benzetim programının giriş dosyasında verilmiştir. Bu bölümde çalıştırılan bazı programlar ve elde edilen benzetim sonuçları açıklanacaktır.

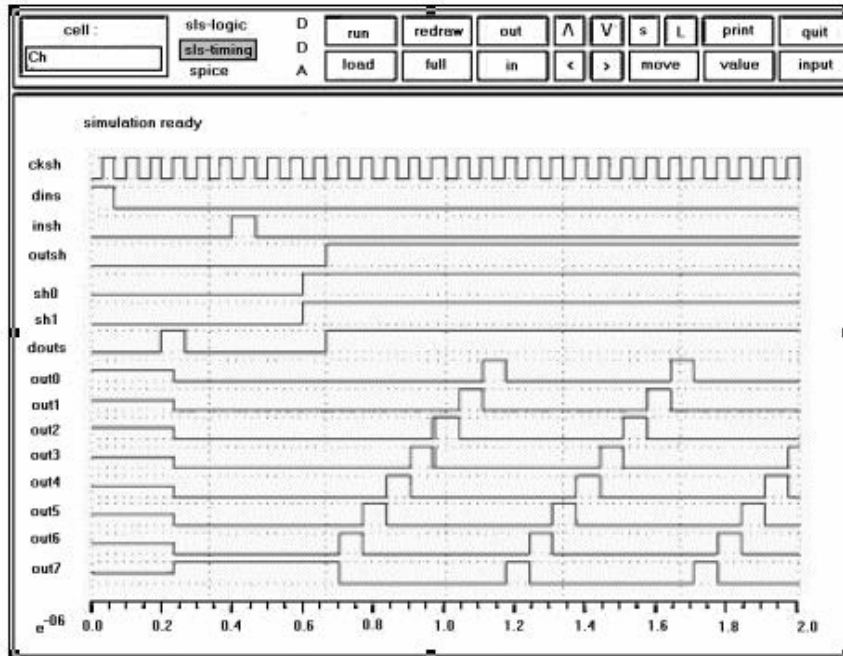
İlk programda yükleme komutları çalıştırılmıştır. İlk deneme programında A ve B kayıtlarına sırasıyla 46H ve B9H sayıları yüklenip, bunlar çıkış pinlerine gönderilir.

Sonuçlar Şekil 12’de gösterilmiştir. “out 0-...-out7” işaretleri en az anlamlı bitten en anlamlı bite kadar çıkışları göstermektedir.



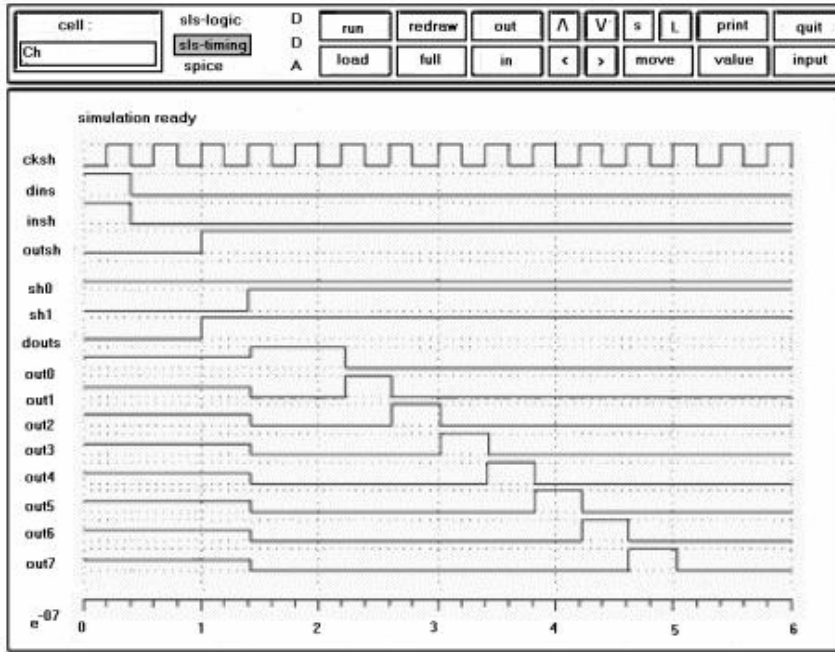
Şekil 12. Taşıma komutları için benzetim sonuçları

Kayırdıcının işlevlerinin denenmesi amacıyla A kayıtcısına 80H yüklenmiş ve ardışık sağa döndürme işlevleri gerçekleştirilmiştir. Saat işaretine göre denetim işaretleri ve çıkış bitlerinin aldığı değerler Şekil 13’de görülmektedir.

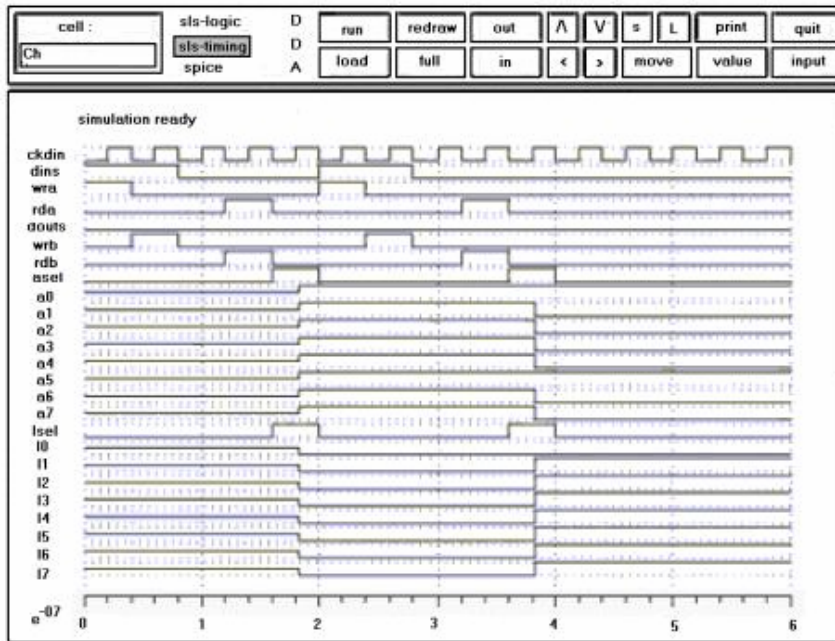


Şekil 13. Döndürme komutu için benzetim sonuçları

Benzer şekilde B kayıtcısına yüklenen 01H sayısına ardışık sola kaydırma işlemleri uygulanmış ve Şekil 14’deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 14. Kaydırma komutu için benzetim sonuçları



Şekil 15. Toplama komutları için benzetim sonuçları

Çizelge 5'teki deneme programı eldeli ve eldesiz toplama işlemlerinin denenmesi amacıyla çalıştırılmıştır. Elde edilen benzetim sonuçları Şekil 15'de görülmektedir. a0-a7 ALU nun aritmetik çıkışlarını, i0-17 mantıksal çıkışlarını ifade etmektedir.

Çizelge 5. Toplama işlemi için deneme programı

YUK A, 00H	A kayıtçısına 00H yükler
YUK B, FFH	B kayıtçısına FFH yükler
ETP A,B	A ve B kayıtçılarını eldeli olarak toplar
YUK A,22H	A kayıtçısına 22H yükler
YUK B, FFH	B kayıtçısına FFH yükler
TOP A,B	A ve B kayıtçılarını eldesiz olarak toplar
DUR	Programı sonlandırır

5. KARŞILAŞTIRMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada 8 bit genel amaçlı bir mikrodenetleyicinin kapı dizisi tasarım yöntemi ve 1.6µ çift metalli CMOS süreci ile Çok Büyük Ölçekli Tümlşik Devre teknolojisi ile tasarımı yapılmıştır. Tümdengelim yöntemiyle sistem modüllere ayrılmış ve her alt birim bağımsız olarak çalıştırılmıştır. Daha sonra bu birimler bir araya getirilerek tüm sistemin benzetim çalışmaları yapılmıştır. Bu işlemler sonunda mikrodenetleyicinin 31 komutu doğru olarak işlediği görülmüştür. Ayrıca, komutların genel yapısı sabit kalmak şartı ile komut seti, donanıma yapılacak küçük eklemelerle genişletilebilir. Mikrodenetleyicinin harici veri yolu 16 bitliktir, yani 64Kb'lık harici belleği adresleyebilir. Yaklaşık 10,000 transistör içerir. 25MHz'te çalışır ve toplam güç harcaması 5V besleme için 82.5mW tır.

Mikrodenetleyicinin 8 bitlik Intel 8031 mikrodenetleyicisi, Zilog Z80, Motorola 6800 ticari mikroişlemcileri ve eğitim amaçlı u6502 mikroişlemcisi ile çalışma hızı, kullanılan transistör sayısı, kayıtçı sayısı ve bellek büyüklüğü bakımından karşılaştırılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bu özellikler dışında ticari elemanlar, tasarlanan mikrodenetleyiciden farklı olarak sayıcı, seri giriş-çıkış birimi içermektedirler.

Çizelge 6. Karşılaştırma sonuçları

	Bellek (RAM)	Kayıtçı sayısı	Transistör sayısı	Çalışma hızı
Tasarlanan mikrodenetleyici	16 byte(iç) 64 Kbyte(dış)	2(8 bit)	10,000	25 Mhz
U6502	64 Kbyte(dış)	16(8 bit)	6700	16.67 MHz
Intel 8031	128 byte(iç) 64 Kbyte(dış)	8(8 bit)	11,000	12 MHz
Zilog Z80	64 Kbyte(dış)	10(8 bit) 6(16 bit)	-	10 MHz
Motorola 6800	64 Kbyte(dış)	4(8 bit)	1000	2 MHz

Sonuç olarak tasarlanan mikrodenetleyici 8 bit tamsayılarla aritmetik ve mantıksal işlemler, döndürme ve kaydırma işlemleri içeren döngülü programlar çalıştırılabilmektedir. Böylece bu işlemci harici bir program belleği ve sistem saati ile küçük çaplı endüstriyel uygulamalar için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Aşkar M., Atalar A., Köseoğlu M., Torunoğlu İ., Köseoğlu G., Urgan E., (1990): "Tümdevre Tasarım Teknolojisi", Ankara, Tütam Tümdevre Tasarım Merkezi.
- Erdaş N., (1998): "Design Of An 8 Bit General Purpose Microcontroller", İzmir, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fabricius E., (1990): "Introduction To VLSI Design", Mc Graw-Hill Publishing Company.
- Geiger R., Allen P., Strader N., (1990): "VLSI Design Techniques For Analog And Digital Circuits", Mc Graw-Hill Publishing Company.
- Groeneveld P., Stravers P., (1993): "Ocean: The Sea-Of-Gates Design System", Delft University Of Technology.
- Kang S., Leblebici Y., (1996): "CMOS Digital Integrated Circuits Analysis And Design", Mc Graw-Hill Publishing Company.
- Mano M., (1979): "Digital Logic And Computer Design", Prentice Hall International Editions.
- Mc CALLA T., (1992): "Digital Logic And Computer Design", Maxmillan Publishing Company.
- NATO Advanced Study Institute Series, (1982): "Design Methodologies For VLSI Circuits", Maryland.
- Pucknell D., Eshraghian K., (1997): "Basic VLSI Design", Prentice Hall International Editions, 3rd Edition.
- Spruth W., (1989): "The Design Of A Microprocessor", Springer Verlag.
- Taub H., Schilling D., (1983): "Digital Integrated Electronics", Mc Graw-Hill Publishing Company, 10th Edition.
- Tellez G. & Sarafzadeh M., (1997): "Minimal Buffer Insertion In Clock Trees With Skew And Slew Rate Constraints", IEEE Transactions On Computer Aided Design Of Integrated Circuits And Systems, 16, 333-342.
- Tredennick N., (1987): "Microprocessor Logic Design", Digital Press.
- Uyemura J., (1993): "Circuit Design For CMOS VLSI", Kluwer Academic Publishers, 3rd Edition.
- Vittal A., Sadowska M., (1997): "Crosstalk Reduction For VLSI", "IEEE Transactions On Computer Aided Design Of Integrated Circuits And Systems", 16, 290-298.
- Wiatrowski C., House H., (1980): "Logic Circuits And Microcomputer Systems", Mc Graw-Hill Publishing Company.