

mikroişlemci dizgeleri ve bellekler

İrfan ONAY

UDK: 621.377-R9.1..3.049.771.14

ÖZET:

Mikroişlemcili dizgelerin tasarımında maliyet konusunda en önemli birim genellikle bellektir. Bu yazıda özellikle yarıiletken bellekler anlatılmakta, 1977 yılında belleklerde görülen yenilikler ve yakın gelecekte bellek birimlerini oluşturacak yeni tür bellekler konusunda bilgi verilmektedir.

SUMMARY

in general memory is the most important unit that affects the cost of a microprocessor based system. This article gives a general review of the most popular memory types (especially semiconductor memories). Also the developments in the memory technology in 1977, and the new memory types are briefly discussed.

1. GİRİŞ

Bellekler mikroişlemci dizgelerinde de diğer sayısal elektronik dizgelerde olduğu gibi veri ve/veya işletim programlarının tutulması amacı için kullanılırlar. Bellekteki her sözcüğün kendisine erişilebilmesi ve okuma-yazma işlemlerinin yapılabilmesi için tek bir adresi vardır.

1.1. Bellek Türleri

Sayısal dizgelerde genellikle bir kapasitesi sınırlı ama hızlı merkezi bellek, bir de gerekiyorsa çok sayıda veriyi ya da çok uzun programları tutmak için büyük kapasiteli fakat daha yavaş olan yığın bellek birimi bulunur. Yığın belleklere magnetik tekerbellek (**dite**), magnetik band (**tape**), magnetik silindir (**drum**), plak biçiminde küçük tekerbellek (**floppy disc, diskette**) örnek gösterilebilir. Merkezi bellek birimi için ise yarıiletken bellekler, magnetik çekirdekler gibi bellekler kullanılır. Mikroişlemci-

ler için büyük kapasiteli yığın bellekler daha az kullanıldığından (magnetik kasetler ve küçük tekerbelleklere) bu yazıda diğer bellek türleri (yarıiletken salt oku bellek, yaz oku bellek; yük bağlamalı elemanlar; magnetik kâbarcıklar) anlatılacaktır.

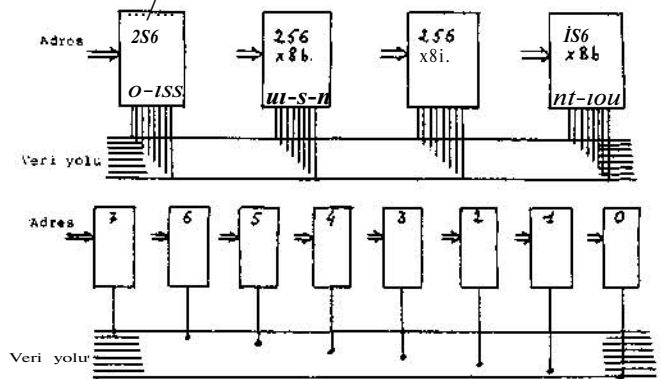
Bellekler bir de uçucu (*volatile*) ve uçucu olmayan (*non-volatile*) olarak sınıflandırılırlar. Uçucu bellekte bilgi, dizgenin gerilim kaynağı kesildiğinde kaybolur, uçucu olmayanlarda ise bilgi kaybolmaz.

2. YARIİLETKEN BELLEKLER

Yarıiletken bellekler başlıca iki teknoloji ile yapılmış yongalardır. MOY (metal oksit yarıiletken) bellekler daha yoğun fakat daha yavaş, çift taşıyıcılı (bipolar) bellekler daha az yoğun fakat daha hızlı olarak imal edilebilirler.

Bu yongalardaki bilgiler tek basamak, iki basamak, sekiz basamak (1 byte) vb. olarak okunup yazılabilirler.

Buna göre bellek dizgesinin uygun şekilde düzenlenmesi gerekir. Şekil 1'de sözcük genişliği sekiz basamak (8 bit 1 byte) olan aynı kapasitede bir belleğin iki değişik tür yonga kullanılarak düzenlenmesi görülmektedir.



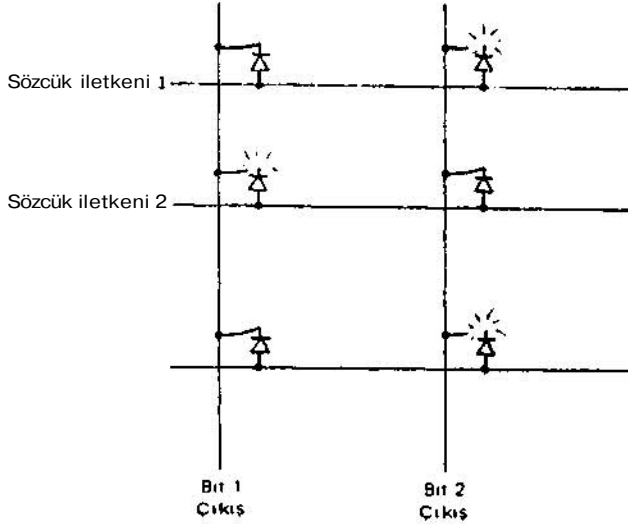
Şekil 1. Bellek düzenlenmesi.

Birinci örnekte bellek, 8 basamaklık 256 sözcük tutabilen 4 yonga, ikinci örnekte her biri 1 basamaklık 1024 sözcük tutabilen 8 yonga kullanarak gerçekleştirilmiştir.

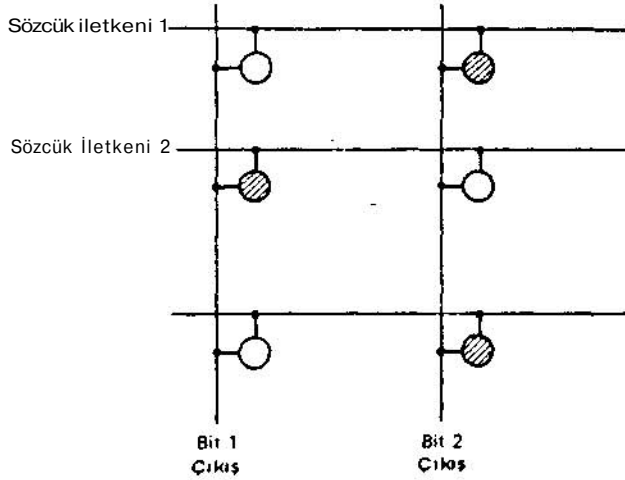
2.1. Sak Oku Bellek (SOB) - (Read Only Memory - ROM)

Mikroişlemci dizgelerinde her zaman değişmeden kullanılacak programlar ve tablolar genellikle salt oku bellek (SOB)te saklanır. Mikroişlemci bu bellekten sadece komutları okur ve işler; bu adreslere bilgi yazılmaz. Yaz-

İrfan Onay, ANAEM



(a)



(b)

Şekil 2. Salt oku belleklerin çalışması

oku Bellek (YOB) gerekmiyorsa SOB'un YOB'a birçok üstünlükleri vardır:

- * Yonga başına çok daha fazla bilgi saklanabilir.
- * Daha ucuzdur.
- * Güç gereksinimi daha azdır.
- * Uçucu değildir.
- * Hızlı erişilebilir (35 - 1250 nanosaniye).

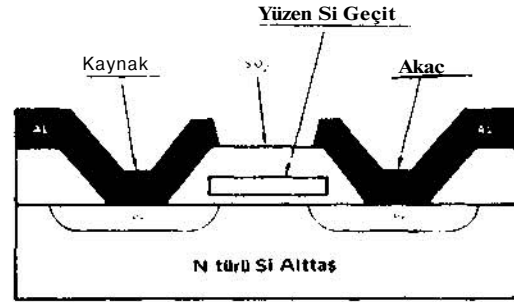
SOB'ların programlanması iki şekilde olur.

1. Fabrikada: Şekil 2 a'da görüldüğü gibi "0" yazılmak istenilen yerdeki bağlantı akım geçirilerek açılır. Bunun için kullanıcı, belleğe yazılacak bilgiyi yapımcıya bildirir, yapımcı da yonganın yapımı sırasında gerekli yerleri "0" layarak istenilen program ya da tabloyu SOB'a yazar, özel yapım maskesi, gerektiren bu yöntem birkaç bin dolar tutacağından çok fazla sayıda aynı SOB gerekiyorsa ekonomik olabilir.

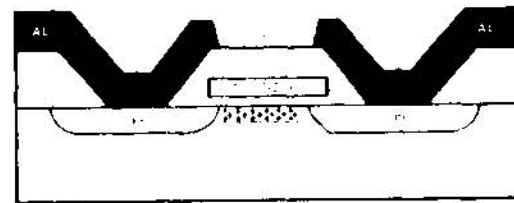
2. Kullanıcı laboratuvarında: (Programlanabilir salt oku bellek - PSOB) : Kullanıcı her hücrene "1" yazılmış SOB'u özel bir cihazla istediği yerlere "0" yazarak programlar. PSOB'lar başlıca iki teknolojiye yapılırlar:

a. MOY (Metal oksit yarıiletken) PSOB:

Bu teknolojiye bellek hücresi bir alan etkili tranzistor (AET)dir. Programlama sırasında "1" yazılmak istenilen hücrenin geçidine yük eklenir (Şekil 3) ve tranzistorun kaynak-akaç direnci küçük bir değer alır; diğer hücreler yüksek direnç gösterdiği için "0"da kalır. Bu tür bellek yongalarının üstü şeffaf yapılırlar ve morötesi ışıkla bellek tamamen silinip yeniden programlanabilir. Bu nedenle bu belleklere "silinebilir salt oku bellek" - SSOB - (*Erasable read only memory - EROM*) denilir.



a) Silinmiş durumdaki hücre kaynak-akaç direnci çok yüksek



b) "1" yazılmış hücre. Geçitteki eksi yük kaynak-akaç direncini küçültür.

Şekil 3.

b. Çift taşıyıcılı (bipolar) PSOB

Çift taşıyıcılı PSOB'larda hücrelerin "0" ya da "1" olarak programlanması bazı bağlantıların değiştirilmesi ile sağlanır. Bu bağlantılar 1) "1" yazmak için yakılan metal bağlantılar (genellikle nikel-krom), 2) Çığ (*avalanche*) etkisi ile kısa devre edilen yarıiletken eklemler 3) Poli-

kristalin silisyum bağlantılar şeklinde olabilir. Çift kutuplu belleklerin MOY belleklere belli başlı iki üstünlüğü vardır: Kısa erişim süresi (~ 0,1 mikro saniye) ve tek bir + 5 volt gereksinimi.

Bugün bazı PSOB'lar morötesi ışık yerine elektrik işaretleri ile silinebilmekte ve daha kullanışlı sayılmaktadırlar. Bunlar "elektriksel değiştirilebilir salt oku bellek - EDSOB (*Electrically alterable read only memory - EAROM*) olarak anılırlar.

22. Yaz Oku Bellek (YOB)

Yarıiletken yaz oku bellekler işlem sırasında verilerde ve programlarda değişiklik gerektiren dizgelerde kullanılırlar. Duruk ve devingen (*static, dynamic*) olmak üzere iki tür YOB yapılmaktadır. Duruk bellekler bilinen iki du-

rumu kararlı devreler olup devreye gerilim kaynağı bağlı olduğu sürece içindeki bilgiyi saklar. Devingen (*dynamic*) bellek kullanıldığında ise hücredeki bilginin her 1-2 milisaniyede bir yeniden yazılarak tazelenmesi gerekmektedir.

Bunun nedeni devingen belleklerde, hücrenin üzerinde yük biriktirilen küçük bir sığaçtan oluşması ve sığacın kaçınılmaz kaçacağından dolayı bilginin her birkaç milisaniyede bir yeniden yazılması gereğidir. Duruk bellekler daha az yoğun olarak yongalarda bulunabilmelerine karşın daha kararlı olup yeniden yazma gerektirmezken, devingen bellekler daha az güç harcamaları ve yonga başına daha çok bellek hücresi sığdırılabilmesigibi üstünlüklerinden dolayı kullanım alanları bulurlar.

2.2.1.YOB'larda Bellek Çevrimleri

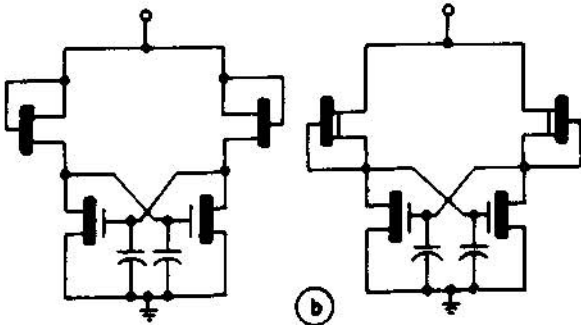
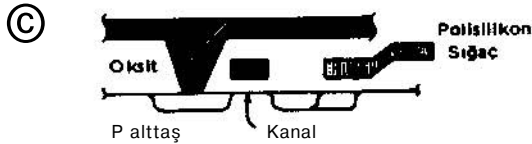
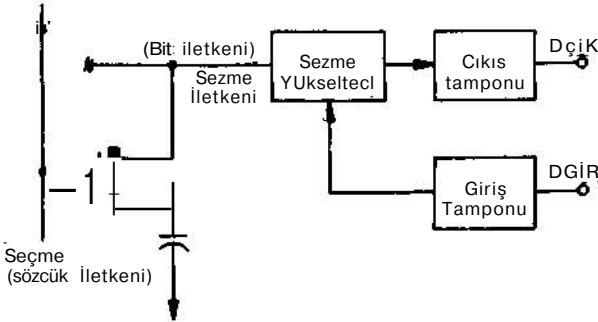
YOB'larda uygulanmaya başlanan yeni bir teknik de, bilinen oku-yaz çevrimi (*read-ivrite cycle*) yanında bir de bellekte belli bir yer adreslendiğinde oradaki bilginin okuma işleminden sonra değiştirilmesini ve aynı adrese yazılmasını sağlayan oku - değiştir - yaz (*read - modify - ivrite*) çevrimidir. Uygulamada özellikle çok sayıda kütük yenileme (*file-update*) işlemi varsa oku-değiştir-yaz çalışma biçimi önemli ölçüde zaman kazanılmasını sağlar.

2.2.2.Adresleme Biçimleri, Sayfa Adreslemesi:

Sayfa adreslemesi, bellek teknolojisindeki gelişmelerin sağladığı aynı yongada fazla kapasite olanaklarının yonganın adres yolları için gerekli bacak sayısını arttırması sonucu zorunlu hale gelmiştir. Doğrudan adresleme yapıldığında; örneğin 1024 x 1 bellek için 1 - adres bacağı ($2^{10} = 1024$) gerekmekte idi. Sayfa adreslemesinde ise adres yarıdan ikiye ayrılmakta ve biri sütun diğeri satır adresi olarak istenilen hücreye ulaşılmaktadır. Aynı adres yolları sütun ve sıra için kullanılan iki eşzamanlama işareti ile birlikte hem sıra adresleri hem de sütun adresleri için kullanılabilirler. Böylece örneğin yongada 10 adres bacağı ile 65 536 adrese erişilebilmektedir. (8 adres yolu 2 eşzamanlama yolu, $2^8 = 256$ sıra, $2^8 = 256$ sütun, $256 \times 256 = 65 536$ hücre). Sayfa adreslemesi ayrıca aynı sıranın değişik sütunlarına erişimde ilave güç harcanmasına neden olmadan erişim süresinin kılmasını sağlar.

2.2.3.Yaz Oku Bellek (YOB) Seçimi

Yaz oku belleklerdeki son yılların gelişmeleri bu tür belleklerin seçilmesini oldukça önemli bir sorun durumuna



Şekil 4. a) Devingen YOB veriyi küçük sığaçlarda saklar; b) Duruk YOB temel olarak bir iki duraklı dizisidir.

getirmiştir. Belleklerin hangi parametrelerinin daha önemli olduğu, yapımının vereceği bilgilerin nasıl değerlendirileceği, tasarımcının dikkatle yanıtlanması gereken sorulardır:

* Önce güç kaynağı: Mantık devreleri tasarımlarında genellikle TTM (tranzistor tranzistor mantık) devreleri kullandığımızdan tek bir + 5 volt kaynak gerektiren YOB'ları yeğlemeliyiz.

* Belleğin giriş-çıkış gerilim düzeyleri ve çalışılabilir en çok gürlüğü düzeyi genel dizge ile uyumlu olmalıdır.

* Yapımının bellek için verdiği verilerden tipik değerler yerine en kötü gerilim ve ısı koşulları için verilmiş olan maksimum-minimum değerlerin kullanılması güvenlik açısından gereklidir.

* Erişim hızı ile kullanılan güç çarpımı belleğin niteliği konusunda önemli bir değerdir. Genellikle erişim zamanı küçüldükçe kullanılan güç artar.

* Genellikle kaynak gerilimine göre belirtilen giriş eşik düzeyi için en kötü koşullar düşünülmesi, çıkışların sürme sorunları için ise kaynak gerilimi en düşükkenki değerlerle hesaplar yapılmalıdır.

* Zaman değerleri için dalga biçimindeki anma (*reference*) noktalarının dalganın yükselen ve düşen kenarlarının % 90'ını kapsamasına dikkat edilmelidir.

* Güç harcaması (P(j) hesabında en iyi çözüm, yapının verdiği değerden çok, kendi hesaplarımıza güvenmektir.

* Seramik ya da plastik yonga Plastiklerin ısı ile gelişmeleri yonga bacakları ile yonganın devresi arasında çok ince tellerin kopmasına neden olabileceğinden ısı koşulları kötü ortamlarda seramik yongalar yeğlenmelidir.

* Durağan (*static*) YOB'lar; yongada devingenlere göre daha çok yer kaplamalarına karşın daha kararlıdır. En hızlı, en çok ısınan, ancak görece olarak daha az yoğun olan bellekler yayıcıdan bağlaşıklık mantık (*emitter coupled logic* - ECL) bellekleri olup erişim zamanı 10 nanosaniyeye kadar düşebilir. TTM bellekler daha az ısınmalarına karşın erişim süreleri daha uzundur. (50 nanosaniye) TMOY (tümler metal oksit yarıiletken) bellekler en az güç harcarlar (bit başına 15 mikrowatt) ancak erişim süreleri 80 - 1500 nanosaniye arasındadır.

* Devingen (*dynamic*) YOB'lar:

Bu tür bellekler daha yoğun (daha geniş kapasiteli) yapılabilmelerine karşın üzerindeki bilginin kalması için

belli aralıklarla aynı bilgiyi tekrar yazmayı gerektirirler. Devingen YOB seçerken oku-değiştir-yaz biçiminde çalışabilmek, kaynak geriliminin % 10 değişmesinden etkilenmemek gibi özellikler aranmalıdır. Bugün 4 K (K = 1000) bit devingen belleklerden sonra 16 K bit'lik bellekler de yapılmakta ve bunların erişim zamanları 100 - 200 nanosaniye arasında değişmektedir.

3. 1977 Yılında Belleklerde Görülen önemli Yenilikler

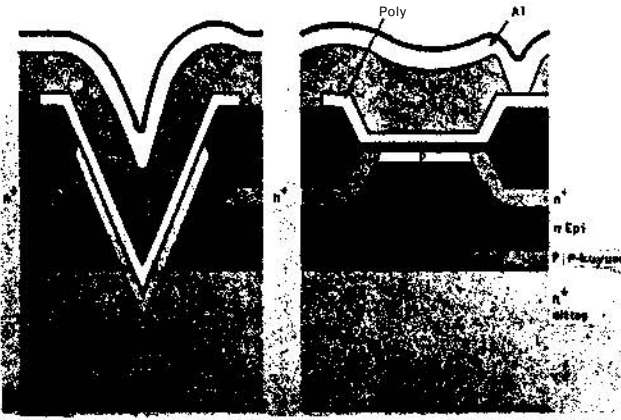
1977 yılında daha hızlı, az ısınan (daha az güç harcayan) daha yüksek kapasiteli bellekler yapılması yönünde önemli gelişmeler olmuş, Yük Bağlamalı Elemanlar (*Charge Coupled Device* • CCD) ve magnetik kabarcık gibi belleklerdeki gelişmeler bunların yakın gelecekte yoğun bellek olarak kullanılma olasılıklarını artırmıştır.

1977'de görülen en önemli gelişmelerden birisi "silinebilir salt oku bellek" olarak çok az güç harcayan TMOY (tümler metal oksit yarıiletken) belleklerde olmuştur. (İM 6603 ve İM 6004 4 K bellekleri tek bir + 5 ya da + 10 volt gerilimle çalışırlar ve okuma-yazma yapılmazken "mikrowatt"lar düzeyinde güç harcarlar. HM 6314 belleğinin erişim süresi 300 nanosaniye, güç harcaması 35 mW/MHz olup kapasitesi 4 bitlik 1024 sözcüktür.)

SOB'lardaki en önemli gelişmelerden biri 450 nanosaniye erişim zamanlı 750 mW güç harcayan 65 K bit'lik MM 5235 belleğidir. Bu büyüklükteki SOB'ların önemi özellikle mikrobilgisayarlar için BASIC, APL gibi yüksek düzey derleyicilerini tutabilecek büyüklükte olmalarıdır. Elektriksel değiştirilebilen salt oku bellekler de giderek daha çok benimsendiler. 512 bit'ten 8 K bit'e kadar kapasiteleri olan bu bellekler 2.5 - 10 milisaniyede tekrar programlanabilirler ve bilgiyi 10 yıl kadar saklayabilirler (yaklaşık 10^5 kez silinip yazılabilirler.)

YOB'larda birçok firma daha hızlı, daha az güç harcayan 4 K ve 16 K bellekler yaptı ("2117" belleğinin erişim süresi en çok 150 nanosaniye, güç harcaması 465 m W kaynaktan çektiği akım 35 mA).

Bellek yapım teknolojisi konusundaki önemli gelişmeler arasında en çok dikkati çeken VMOY teknolojisinin uygulanması idi (Şekil 5). Bu teknoloji ile daha hızlı, yapımı daha kolay, giriş kaçak akımı düşük ve elektrostatik bakımdan daha iyi korunmuş durağan 1 K ve 4 K bellekler yapıldı, örneğin S 4015 türü bellek TTM uyumlu olup, tek + 5 volt kaynaktan çalışabilir ve erişim süresi 60 nanosaniyedir. Denemeler bu belleğin 70°C ısıda 1000 saatlik çalışmada bozulma olasılığının % 0,017 olduğunu göstermiştir. Bu aileden 4 K'lık bellekler de yapılmıştır. C'4016-1 Kx 4 = 4 K; "4017" 4 K x 1 = 4 K)



Şekil 5.

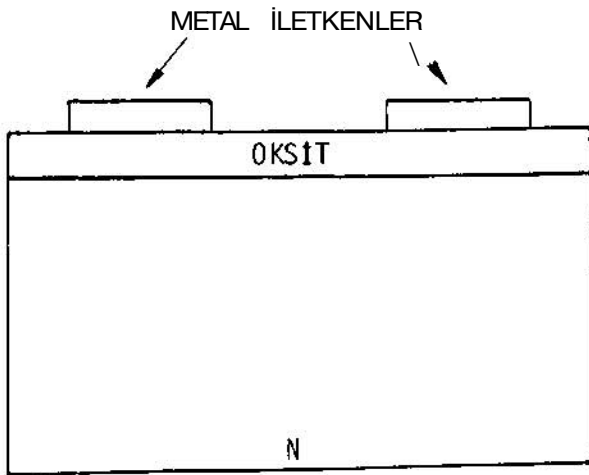
a) VMOY tranzistor yapısı b) NMOY tranzistor yapısı

4. SERİ BELLEKLER (YÜK BAĞLAMALI ELEMANLAR VE MANYETİK KABARCIKLAR)

Seri bellekler yüksek kapasiteli, erişim süreleri magnetik tekerbellekten kısa fakat diğer yarıiletken belleklerden uzun olan birimlerdir. Bunların yakın gelecekte özellikle mikroişlemcili dizgeler için yığın bellek olarak küçük tekerbelleklerin (*floppy - disc*) ve magnetik kasetlerin yerini alacağı sanılmaktadır. Bu bölümde kısaca çalışma şekilleri ve kullanılmalarından söz edilecektir.

4.1. Yük Bağlamalı Elemanlar. YBE (Charge Coupled Device - CCD)

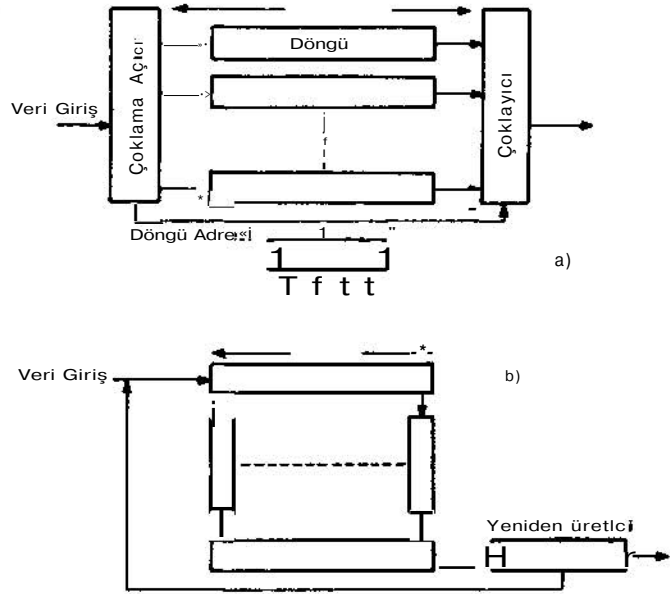
Bu belleklerde bellek hücresi Şekil 6'da görüldüğü gibi N tipi bir alttaş üzerine oksit (SiO_2) büyütülmesi ve yaklaşık $0,25 \times 10^{-3}$ cm aralıkla metal iletkenler yerleştirilmesi ile yapılır. Metal plakalar küçük eksi gerilimlerde tutularak oksit ve alttaş arasındaki yüzeyde (+) yüklerin birikmesi sağlanır, iletkenlere uygulanacak her eksi dar-



Şekil 6. Yük bağlamalı eleman.

be ile de bu yükler yandaki hücreye geçer. Bu yarıiletken teknolojisinin basitliğinden dolayı binlerce bellek hücre-sini (örneğin 65 K bit) yanyana kaymalı yazmaç (*shift register*) şeklinde düzenlemek ve bellek olarak kullanmak olasıdır.

Bugün piyasadaki bu tür belleklerden "2464" 256 bitlik 256 kaymalı yazmaçtan oluşmuştur. Belli bir hücreye erişmek için geçen ortalama süre 130 mikrosaniye, ondan sonraki yere erişim zamanı 285 nanosaniyedir. TMS 3064 belleği ise 4096 bit uzunluğunda 16 kaymalı yazmaç döngüsünden oluşmuştur (Şekil 7).

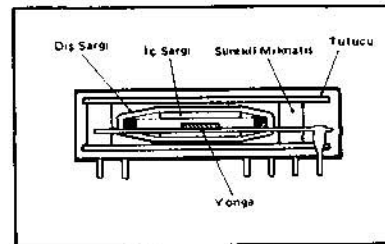


a) Dört adres bacağı hangi döngünün veri olacağını ya da vereceğini belirler.
b) Her döngü aslında $32 \times 128 \times 32$ bitlik yapı içinde düzenlenmiş seri-koşut-seri kaymalı yazmaçlardır.

Şekil 7.

4.2. Manyetik Kabarcık Bellekler:

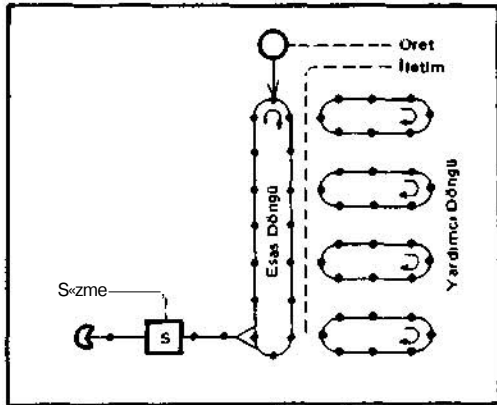
Manyetik kabarcık bellek yongası manyetik olmayan bir "Gadolinyum Galyum Garnet" alttaş üzerinde "Yttrium Demir Garnet" ince film ve kabarcıkların dolaşması ve okunması için uygun yolların yapıldığı "Permalloy" bir örüntüden oluşur. Yonganın içinde ayrıca bir sürekli mıknatıs iki mıknatıslama sargısı vardır (Şekil 8). Yon-



Şekil 8. Tek yongalı paket.

ganin bellek yoğunluğu mm²başına 1500 -4000 bit arasındadır. Magnetik kabarcık bellek esas olarak 100 kHz'lerde çalışan uzun bir kaymalı yazmaçtır. Seri bağlanmış böyle bir yazmaçta erişim süreleri çok uzun olacağından genellikle esas döngü (*majör loop*) ve yardımcı döngü (*minör loop*) şeklinde bir düzenlemeye gidilmiştir (Şekil 9). Bilgi her zaman esas döngüden okunur ya da oraya yazılır. Bu düzenlemede erişim süresi tek bir uzun kaymalı yazmaç düzenlemesine göre 1/2\ N kez daha kısadır (N = yongadaki bit sayısı). Okuma-yazma işlemleri için 90° evre farklı iki saat üretici ile eşzamanlı akım darbeleri gereklidir (50-100 n.A yükseklikte, 0,2 - 3 mikrosaniye genişlikte). Okuma için yonga çıkışına sezme yükselteçleri bağlanmalıdır.

Uygun sayıda kabarcık bellek yongası yanyana getirilerek yapılacak bellek birimlerinin bugünkü yığın belleklerle yapılan bir karşılaştırması Çizelge 1 'de görülmektedir. Kabarcık belleklerin bugünkü sorunu henüz yeterli sayıda tümleşik devre çevreirimleri ve arabirimlerin yapılmamış olmasının kullanıcıya getirdiği ek donanım gereksinmesi olup, bu sorunun yakın gelecekte çözümleneceği sanılmaktadır. Ayrıca şu sıralarda laboratuvarlarda geliştirilen yeni kabarcık belleklerin çalışabilecekleri ısı alanı 120°C ye kadar çıkmış olup, hızları da 300 kHz'a ulaş-



Şekil 9. Esas/yardımcı döngü düzeni

ÇİZELGE 1

	800 BPI Kaset	Küçük Tekerbellek	Kabarcık Bellek	
Kapasite	2,4	2,0	1,024	Mbit
Bit hızı	10	250	800	KHz
Erişim Süresi (Ortalama)	20	0,46	0,08	Saniye
Ağırlık	1,4	4,5	0,5	Kg.
Güç	35	150	15	W
Hacim	2048	8194	410	cm ³
Yarıiletken	Hayır	Hayır	Evet	
Değiştirilir				
Ortam	Evet	Evet	Olanaklı	
Eşzamansız	Evet	Hayır	Evet	

ÇİZELGE 2: IBM 0103 KABARCİK BELLEĞİNİN ÖZELLİKLERİ

Kullanılan kapasite	92 304 bit
Yazmaç düzeni	641x144
Sürme alanı hızı (ençok)	100 kHz
Giriş/çıkış hızı (ençok)	50 kb/san
Yardımcı döngü veri hızı (en çok)	100 kb/san
Ortalama erişim süresi (ilk bit)	4 msan
Ortalama dönem süresi (144 bit blok)	12,9 msan
Güç	0,6 W
Çalışma sıcaklığı alanı (engeniş)	0° den 70° C'a
Saklanma sıcaklığı alanı (engeniş)	-40'dan 85°C'a
Büyükklük	2,5x2,75x1 cm.
Bacak sayısı	14
Bacak aralığı	0,54 cm
Ağırlık	20 gr.
İzin verilen enbüyük magnetik alan	40 Oersted

mıştır. (Çizelge 2'de 92 K bitlik TBM 0103 Kabarcık belleğinin özellikleri görülmektedir.)

Kabarcık belleklerin yük bağlamalı belleklere üstünlüğü uçucu olmamalarıdır. Yük bağlamalı bellekler ise daha hızlı (erişim süresi ~ 100 mikrosaniye) olup, güvenilirlikleri benzer yarıiletken teknolojisi ile yapılan bellekler düzeyindedir.

KAYNAKLAR

1. "Special Report: Semiconductor Memories", Electronics, C. 50 No. 2, S. 81, 20 Ocak 1977.
2. "Facus on Semiconductor Memories", Electronic Design, C 25, No. 17, S. 56, 16 Ağustos 1977.
3. "Bubbles Appearing as Microprocessor mass storage", Electronics, C. 50 S. 81, 16 Ağustos 1977
4. Gebler Peter, "Memories", Electronic Engineering, C. 49, No 591, S.81, Nisan 1977
5. Gibson A.T., "Magnetic Bubbles Memory Systems", Electronic Engineering, C.49, No 587, S. 36, Ocak 1977
6. Gebler Peter, "Semiconductor Memories", Electronic Engineering, C.50, No 604, S.117, Nisan 1978
7. "TROM User's Guide", Pro-Log Corporation (kitapçık)
8. "Microcomputers", SYBEX, A 1. (kitapçık)