

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**



**MEGEP**

**(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)**

**BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ**

**BELLEK BİRİMLERİ**

**ANKARA 2007**

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
1. BELLEKLER .....	3
1.1. Belleğin Görevi .....	3
1.1.1. RAM (Random Access Memory-Rastgele Erişimli Bellekler) .....	7
1.1.2. Sadece Okunabilir Bellekler ROM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH ROM Bellekler .....	9
1.2. Yarı İletken Özelliklerine Göre RAM Bellek Çeşitleri .....	11
1.2.1. SRAM (Static Random Access Memory-Statik Rastgele Erişimli Bellek) .....	11
1.2.2. DRAM ( Dynamic Random Access Memory-Dinamik Rastgele Erişimli Hafıza) .....	12
1.2.3. FPM DRAM (Fast Page Mode DRAM-Hızlı Sayfa Modu DRAM) .....	15
1.2.4. EDO DRAM (Extended Data Out–Genişletilmiş Veri Çıkışı) .....	15
1.2.5. SDRAM (Senkronize DRAM) .....	16
1.2.6. DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM) .....	16
1.2.7. DRD RAM ( Direct Rambus DRAM) .....	18
1.2.8. SLD RAM .....	19
1.2.9. Diğer RAM Çeşitleri .....	19
UYGULAMA FAALİYETİ .....	20
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	21
2. BELLEK MONTAJI .....	23
2.1. Statik Elektriğin Bellek Modüllerine Zararları (ESD-Elektrostatik Deşarj) .....	24
2.2. Modül Yapısına Göre RAM Bellek Çeşitleri .....	25
2.2.1. SIMM’ ler (Single Inline Memory Module) .....	26
2.2.2. DIMM’ ler (Dual In-line Memory Module) .....	27
2.2.3. SODIMM’ ler .....	28
2.2.4. Ön Bellek (CACHE MEMORY) .....	29
UYGULAMA FAALİYETİ .....	33
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	34
CEVAP ANAHTARLARI .....	35
KAYNAKÇA .....	36

## AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>481BB0010</b>
<b>ALAN</b>	<b>Bilişim Teknolojileri</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Alan Ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Bellek Birimleri</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bu modül; öğrencinin gerekli ortam sağlandığında, bilgisayar sisteminin çalışması için gerekli olan bellek birimlerini tanıyarak, montajını yapabileceği öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/16
<b>ÖN KOŞUL</b>	İşlemciler (CPU) modülünü almış olmak.
<b>YETERLİK</b>	Bilgisayarda kullanılan bellek modüllerini ana kart üzerine monte etmek.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<p><b>Genel Amaç</b></p> <p>Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, bellek birimlerini tanıyacak ve bilgisayar ana kartına montajını yapabileceksiniz.</p> <p><b>Amaçlar</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Bilgisayar ana kartı ile uygun bellek modülünün çeşidini tespit edebileceksiniz.</li><li>2. Ana kart üzerine bellek modüllerini takabileceksiniz.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	Atölye ortamı, ana kart, uygun bellek çeşidi, tornavida.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	<p>Her faaliyet sonrasında, o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz.</p> <p>Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.</p>

# GİRİŞ

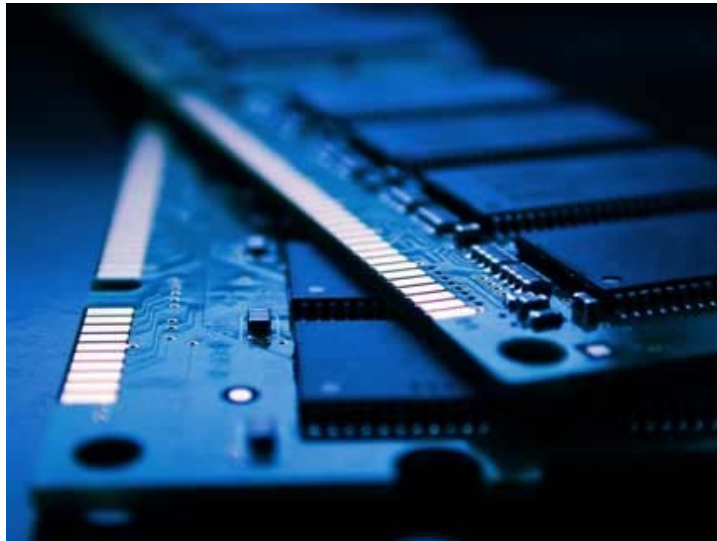
**Sevgili Öğrenci,**

İnsanlar, bilgisayarın temeli sayılan hesap makinasını bulduklarında bu icatlarının şimdiki çılgın bilgisayarlara dönüşeceğini nasıl bilebilirlerdi ki? İnsanoğlu, hesap makinasını kullanıp bilgisayarın temelini attıktan sonra da boş durmamış; bunu sürekli geliştirme çabasında olmuştur. Devamlı gelişmekte olan bir dal olan bilgisayar, donanım olarak işlemciden sonra en büyük gelişmeleri bellek birimlerinde yaşamaktadır.

Bellek, bir bilgisayar sisteminin birincil parçasıdır. CPU veya mikroişlemci ile birlikte diğer sistem aygıtlarına direkt ve çabucak ulaşabilen işlenmiş bilgileri depolamak için bir ikili olarak çalışır. Bellek, bir bilgisayarın işleminin merkezidir. Çünkü yazılım ve CPU arasında kritik bir bağlantı kurar. Bilgisayar belleği de aynı anda çalışabilen programların genişlik ve numaralarını belirler ve giderek güçlenen mikroişlemcilerin kabiliyetinin iyileştirilmesine yardım eder.

Geçmişten bugüne teknolojinin nasıl değiştiğini göstermesi açısından şu örnek oldukça ilginç: Bill Gates 1981 yılında bilgisayar belleği için "640K (1MB'nin neredeyse yarısı) kapasite, bilgisayar kullanıcıları için yeterli olacaktır." demiş.

Bazıları için bellek denklemi çok basittir: Ne kadar fazla o kadar iyi. Fakat kendine has özelliği ve yararları olan birçok bellek çeşidi vardır. Malesef çok fazla bellek tipi olduğundan onları birbirine karıştırmak da çok kolaydır. Modül, bu konuda size yardımcı olacaktır. Bu modülde bellek çeşitlerini, aralarındaki farkları, bilgisayar için önemini ve ana karta montajının nasıl yapıldığı gibi konuları öğreneceksiniz.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bilgisayar ana kartı ile uygun bellek modülünün çeşidini tespit edebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Eski ve kullanılmayan bellek çeşitlerini getirerek belleğin çeşidi hakkında sınıf ortamında tartışınız.
- İnternette bulmuş olduğunuz bellek çeşitlerinin resimlerini sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

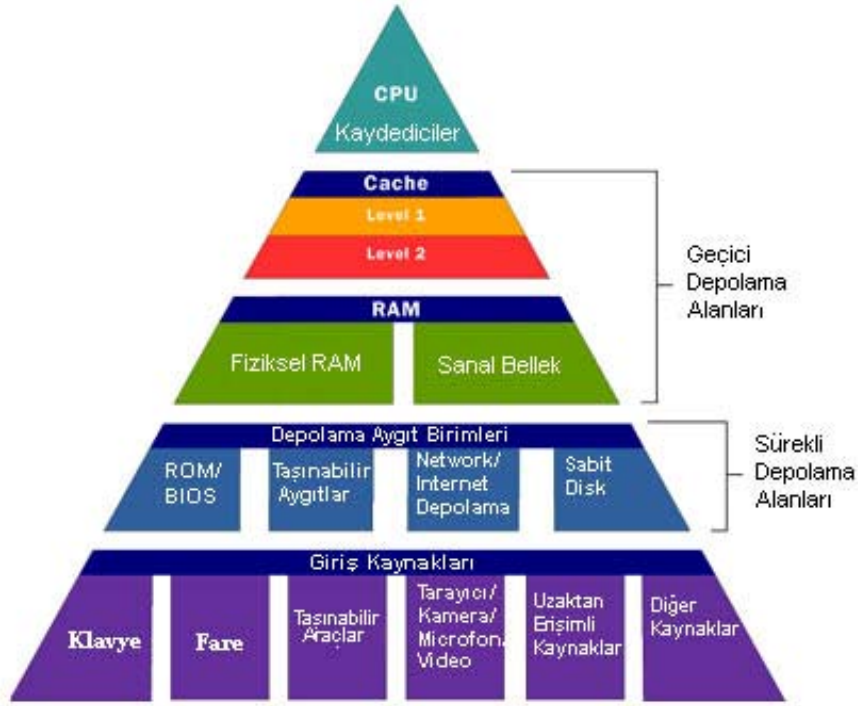
Araştırma işlemleri için internet ortamı ve belleklerin satıldığı mağazaları gezmeniz gerekmektedir. Bellek çeşitleri ve amaçları için ise yetkili kişilerden ön bilgi edininiz.

## 1. BELLEKLER

Genel olarak bellekler, elektronik bilgi depolama üniteleridir. Bilgisayarlarda kullanılan bellekler, işlemcinin istediği bilgi ve komutları maksimum hızda işlemciye ulaştıran ve üzerindeki bilgileri geçici olarak tutan depolama birimleridir. İşlemciler her türlü bilgiyi ve komutu bellek üzerinden alır. Bilgisayarın açılışından kapanışına kadar sağlıklı bir şekilde çalışmak zorunda olan en önemli bilgisayar bileşenlerinden biri bellektir.

### 1.1. Belleğin Görevi

Teknik olarak *bellek, herhangi bir şekilde elektriksel verinin depolanması* işlemidir fakat günümüzde hızlı ve geçici depolama anlamında kullanılmaktadır. Eğer bilgisayarınızın işlemcisi devamlı olarak sabit diskinize erişmek zorunda kalsaydı çalışma performansı ciddi bir şekilde düşerdi. Veriler bilgisayarınızın belleğinde tutulduğu zaman işlemciniz bu verilere kat kat daha hızlı erişebilir.



**Şekil 1.1: İşlemcinin belleğe erişme yolları**

Yukarıdaki resimde de görüldüğü gibi işlemci belleğe farklı yollardan erişir. Veriler, ister sabit bir depolama kaynağından (sabit disk) ya da herhangi bir giriş kaynağından (klavye, fare) gelirse gelsin bunların çoğu öncelikle RAM (Random Access Memory) belleğe gider. Bu aşamadan sonra işlemci, kendi için gerekli olan küçük veri parçalarını tampon bellekte (Cache) saklar.

Bilgisayarınızdaki bütün parçalar (işlemci, sabit disk ve işletim sistemi gibi) takım hâlinde çalışır. Bilgisayarı açtığınızdan itibaren kapatana kadar işlemciniz bellekleri kullanır. Bu aşamada akıllarda daha rahat kalması için bilgisayarı bir ofise benzetebiliriz. İşlemci ofiste çalışan insan; sabit disk dosyalarınızı sakladığınız dolaplar bellek ise sizin masanız olacaktır. Kullanmak istediğiniz dosyalara hızlı erişmek, her seferinde gidip dolaptan çıkarmamak için onları masa üstünde tutmak en akıllıcasıdır. Bellek yani masa ofislerde olmazsa olmaz parçalardandır.

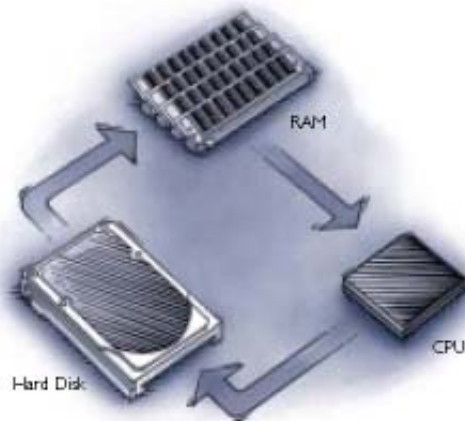




### ***Şimdi belleğin çalışmasına birlikte göz atalım:***

- Bilgisayarınızı açtınız.
- Bilgisayar açılış verilerini ROM'dan (Read Only Memory - Sadece Okunabilir Bellek) okur ve (POST- Power On Self Test) bütün aygıtların doğru çalıştığından emin olmak için açılış testlerini yapmaya başlar. Bu testin bir parçası olarak bellek denetleyicisi, bütün bellek adreslerini hızlı bir okuma/yazma işlemiyle test eder.
- Bilgisayar basit giriş/çıkış sistemini (BIOS Basic Input/Output System) ROM'dan yükler.
- BIOS bilgisayar hakkında depolama aygıtları, açılış sırası, güvenlik, tak ve çalıştır özelliği gibi en temel bilgileri sisteme sunar.
- Bilgisayar işletim sistemini sabit diskten belleğe yükler tabiki sadece sistem için hayati olan kısımlar, bellekte sistem kapanana kadar kalır. Bu işlemcinin, işletim sistemine direk ve hızlı erişimini sağlar.
- Siz herhangi bir uygulama başlattığınızda bu öncelikle belleğe yüklenir. Bellek kullanımını düzenlemek açısından sadece gerekli parçalar, bir uygulama açıldıktan sonra kullanılmak için açılan herhangi bir dosyada belleğe yüklenir.
- İşiniz bitip dosyayı kaydedip kapattığınız zaman dosya, uygun olan depolama birimine (sabit disk) yazılır ve uygulama bellekten silinir.

Yukarıdaki listede görüldüğü gibi kullandığınız uygulamalar her defasında belleğe yüklenir ve silinir. Bu basitçe bilgisayarın geçici belleğinde yani masa üstünüzde bilgileri kullandığınız anlamına gelir. İşlemci tekrar eden süreçler hâlinde gerekli olan veriyi bellekten ister; üzerinde gereken işlemleri yapar ve belleğe tekrar yazar. Çoğu bilgisayarda bu işlem, saniyede milyonlarca kez tekrar edilir. Bir uygulama kapatıldığında o ve onun kullandığı dosyalar bellekten diğer uygulamalara yer açmak için silinir. Eğer değişiklikler sabit bir depolama aygıtına bellekten silinmeden kaydedilmezse veriler kaybolur.



**Şekil 1.2: Verilerin işleniş yönü**

Tipik bir bilgisayar üzerinde L1 veya L1+L2 tampon bellekler, normal sistem belleği, sanal bellek ve sabit disk bulundurulur.

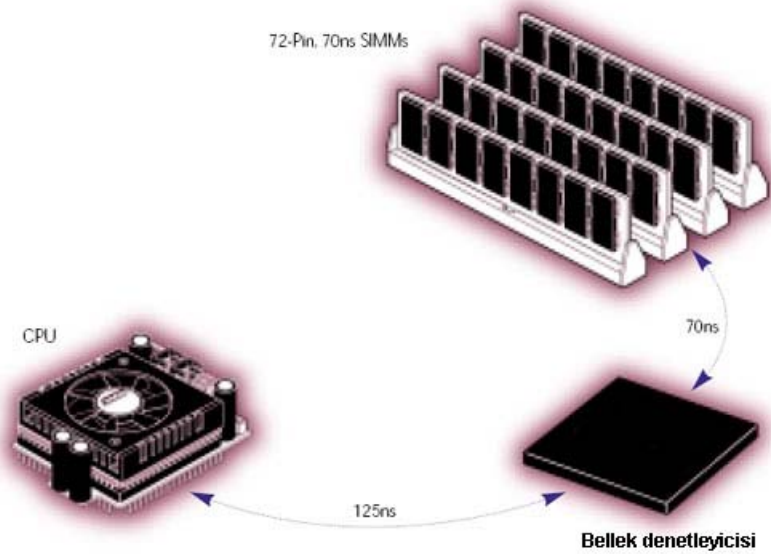
Hızlı ve güçlü işlemciler, performanslarını mümkün olduğunca artırmak için veriye kolay ve hızlı erişmek ister. Eğer işlemci, gereken veriyi alamazsa doğal olarak durur ve beklemeye başlar.

Okuma/yazma yapabilen en ucuz bellek çeşidi sabit disklerdir. Sabit diskler; ucuz, büyük ve kalıcı depolama alanı sağlar. Sabit disklerde ucuza depolama yeri alabilirsiniz; fakat depolanan veriye ulaşmanız biraz zaman alır. Sabit disklerin ucuz ve yavaş olması onları işlemci bellek sıralamasında en sona atmıştır. Bu çeşit belleklere sanal bellek denir. Sanal bellek, normal sistem belleğinin (RAM) yetmediği koşullarda kullanılmak üzere işletim sistemi tarafından sabit disk üzerinde oluşturulan bir çeşit bellektir.

Sıralamaya göre bir sonraki bellek çeşidi RAM'dir. İşlemcinizin bit değeri, onun aynı anda ne kadar veriyi işleyebileceğini gösterir. Örneğin 16 bit'lik bir işlemci, aynı anda 2 byte veriyi işleyebilir (1 byte = 8 bit  $\rightarrow$  16 bit = 2 byte ) ve 64 bit'lik bir işlemci de 8 byte.

Megahertz ise işlemcinin bir işlemi yapma hızıdır ya da diğer bir deyişle saniyedeki saat turudur. Dolayısıyla 32 bit PIII-800 Mhz bir işlemci saniyede 4 byte'ı 800 milyon kere işleyebilir. Tabi bu değerler teoriktir ve diğer performans kriterleri (iletim hattı - pipelining gibi) göz önüne alınmamıştır. Bellek sisteminin görevi ise bu büyük miktarlardaki verinin işlemciye aynı hızda ulaşabilmesini sağlamaktır.

Bilgisayarın sistem belleği, tek başına bu hızı karşılamaya yetmeyebilir. İşte bu sebeple tampon bellekler kullanılır (L1, L2). Tabi hızlı bellek her zaman için iyidir. Bugün birçok bellek 50-70 nano saniye arasında çalışmaktadır. Bir belleğin okuma/yazma hızı ise bellek tipine bağlıdır (DRAM, SDRAM, RAMBUS gibi).



Şekil 1.3: Verilerin ana bellekten CPU'ya geliş zamanı

Bellek hızı, veri yolu genişliği (bus width) ve veri yolu hızıyla (bus speed) doğru orantılıdır. Veri yolu genişliği belleğin işlemciye saniyede aynı anda gönderebildiği bit sayısıdır. Veriyolu hızı ise saniyede gönderilen bit grupları miktarıdır. Bir veriyolu turu (bus cycle) verinin işlemciye gidip belleğe geri döndüğünde gerçekleşir.

Örneğin 100 Mhz 32 bit veriyolu teorik olarak 4 byte (32 bit = 4 byte) veriyi saniyede 100 milyon kere gönderebilirken, 66 Mhz 16 bit veriyolu 2 byte'lık bir veriyi saniyede 66 milyon kere gönderebilir. Eğer basit bir hesap yaparsak işlemcinin 16 bit'ten 32 bit'e çıkması ve veri yolu hızının 66 Mhz'den 100 Mhz'ye çıkması işlemciye verinin 4 kat fazla ulaşması anlamına gelir (400 milyon byte yerine, 132 milyon byte).

### 1.1.1. RAM (Random Access Memory-Rastgele Erişimli Bellekler)

RAM; işletim sisteminin, çalışan uygulama programlarının veya kullanılan verinin işlemci tarafından hızlı bir biçimde erişebildiği yerdir. RAM, bilgisayarlardaki CD-ROM, disket sürücü veya sabit disk gibi depolama birimlerinden daha hızlıdır. Bilgisayar, çalıştığı sürece RAM faaliyetini devam ettirir; bilgisayar kapandığı zaman ise RAM'de o an depolanmış olan veriler silinir.



Resim 1.1: RAM bellek

RAM'e 'Random Access' yani 'rastgele erişimli' denir. Veriler, sistem tarafından belleklere sık ve belirli bir düzen dahilinde gönderilmez ya da alınmazlar. Verilerin RAM'de saklanması daha önce de belirtildiği gibi sistem çalışır durumda kaldığı sürece mümkündür. Yani sabit disklerde olduğu gibi var olan bilgilere sistem kapandıktan sonra tekrar ulaşamaz. İşletim sistemi işlem yapacağı zaman, istenilen veriler bellekte yazılı oldukları adreslerden geri alınırlar. Bellek adreslerine hızlı bir şekilde ulaşılması sistemin genel performansını olumlu yönde etkiler.

RAM'ler birbirinden tamamen bağımsız hücrelerden oluşur. Bu hücrelerin her birinin kendine ait sayısal bir adresi vardır. Her hücrenin çift yönlü bir çıkışı vardır. Bu çıkış veri yolunda (Data Bus) mikroişlemciye bağlıdır. Bu adresleme yöntemiyle RAM'deki herhangi bir bellek hücresine istenildiği anda diğerlerinden tamamen bağımsız olarak erişilebilir. İşte rastgele erişimli bellek adı da buradan gelmektedir. RAM'de istenen kayda ya da hücreye anında erişilebilir.

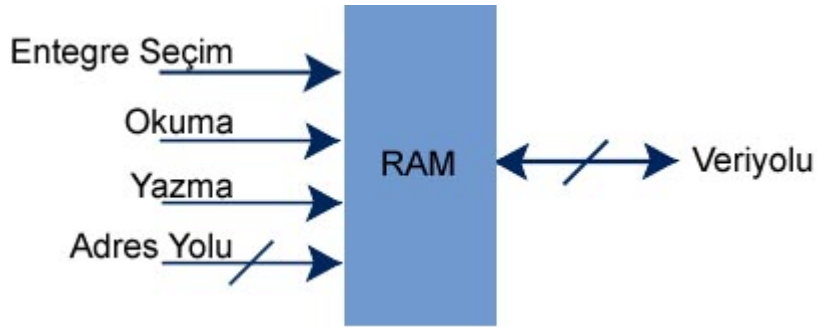
Bellek sığası (kapasitesi) byte cinsinden belleğin kapasitesini verir.

**Byte;** bellek ölçü birimidir, 8 bitten oluşur. Bit ise "1" veya "0" sayısal bilgisini saklayan en küçük hafıza birimidir. Bellek ölçüleri ise küçükten büyüğe doğru:

1 Byte	= 8 Bit
1 Kilo Byte (KB)	= 1024 Byte
1 Mega Byte (MB)	= 1024 Kilo Byte
1 Giga Byte (GB)	= 1024 Mega Byte
1 Tera Byte (TB)	= 1024 Giga Byte

### RAM'lerin Yapısı

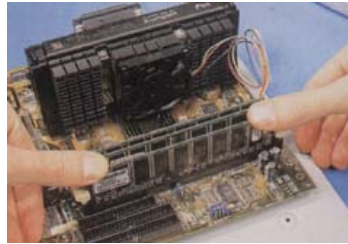
RAM'ler hem okunabildiği hem de yazılabildiği için kontrol girişine ek olarak okuma ve yazma girişleri de bulunur. Tipik bir RAM entegresinin yapısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



Şekil 1.4: RAM'in yapısı

RAM'in kapasitesine göre veri yolu ve adres yolunu oluşturan bacak sayıları belirlenir. Veri yolundaki iki yönlü ok RAM'e verilerin aktarılabilceğini, aynı zamanda da RAM'den verilerin okunabileceğini göstermektedir. Buna karşılık adres yolu tek yönlüdür ve istenen adres RAM'e iletilir.

RAM genellikle ana kart üzerindeki SIMM (Single Inline Memory Modules) veya DIMM (Dual Inline Memory Modules) adı verilen yuvalara takılır.



Resim 1.2: Belleğin ana karta monte edilmesi

### 1.1.2. Sadece Okunabilir Bellekler ROM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH ROM Bellekler

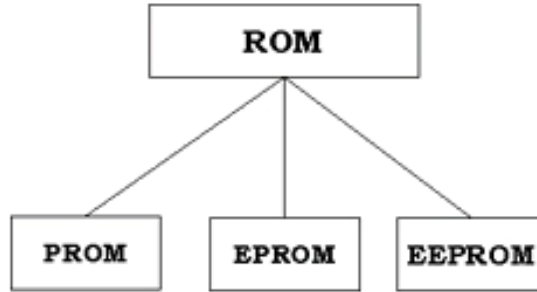
#### ➤ ROM ( Read Only Memory )

İki bellek türünden birisi olan ROM, RAM'in aksine üzerindeki bilgiler kalıcıdır. Standart ROM üzerindeki bilgiler hiçbir yol ile değiştirilemez veya silinemez. ROM birimine bilgi kalıcı olarak yerleştirilmiştir ve içerik kesinlikle değiştirilemez. Bilgisayarınızı kapatsanız bile üzerindeki bilgiler gitmeyecektir. BIOS gibi bilgisayarınız için önemli bilgilerin tutulduğu bir yapıda, özel yöntemlerle silinebilen ROM çeşidi kullanılır. BIOS üzerinde kullanılan bilgiler oldukça önemli olduğundan ROM, habersiz olarak yapılan kopyalama ya da silme işlemlerinin önüne geçmiş oluyor.

ROM'un bilgisayar başlatıldığında yerine getirdiği görevleri:

- POST (Power On Self Test): Bütün komutların test edilmesi işlemidir.
- CMOS komutlarına bağlı olarak Setup komutlarını işletir.
- Donanıyla bağlı olan BIOS komutlarını yerine getirir.
- İşletim sistemini çağıran BOOT komutlarını yürütür.

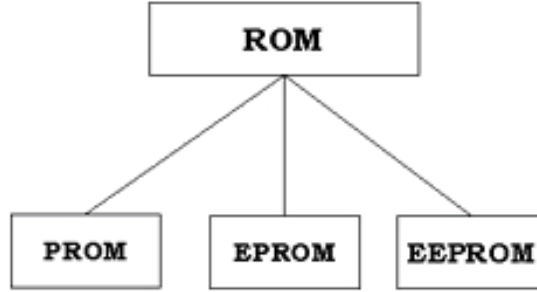
Günümüzde ROM'un birkaç versiyonu vardır. Bu versiyonlar gerekli alanlarda, özelliklerine uygun bir şekilde kullanılıyor.



Şekil 1.5: ROM çeşitleri

#### ➤ PROM (Programable Read Only Memory-Programlanabilir Yalnızca Okunur Bellek)

PROM'un özellikleri temelde ROM'la aynıdır. Bir kez programlanır ve bir daha programı değiştirilemez ya da silinemez. Ancak PROM'un üstünlüğü yonganın fabrikada yapılırken programlanmak zorunda olmayışındır. Herkes satın alabileceği PROM programlayıcısı ile amaca göre PROM'a bilgi yazılabilir.



Şekil 1.6: PROM'un yapısı

Bu tip ROM'larda satır ve sütunlar arasında sigortalar (fuse) bulunmaktadır. ROM'un programlanma işlemi, bazı sigortaların yakılması ile bazı satır ve sütunlar arasındaki bağlantıların kesilmesi şeklinde olmaktadır. Bağlantı olan kesişimlerde değer 1, olmayanlarda ise 0 olarak algılanmaktadır.

➤ **EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory - Silinebilir Programlanabilir Yalnızca Okunur Bellek)**



RAM'lerin elektrik kesildiğinde bilgileri koruyamaması, ROM ve PROM'ların yalnızca bir kez programlanabilmeleri bazı uygulamalar için sorun oluşturmuştur. Bu sorunların üstesinden gelmek için teknoloji devreye girmiş ve EPROM'lar ortaya çıkmıştır. EPROM programlayıcı aygıt yardımı ile bir EPROM defalarca programlanabilir, silinebilir. EPROM programlayıcı, EPROM'un üzerindeki kodlanmış programı mor ötesi ışınlar göndererek siler. Yonganın üzerindeki pencere, parlak güneş ışığı EPROM'u kolayca silebileceğinden programlama işleminden sonra EPROM'un üzeri bir bantla kapatılır.

Çok yönlülükleri, kalıcı bellek özellikleri ve kolayca yeniden programlanabilirlikleri, EPROM'u kişisel bilgisayarlarda sıkça kullanılan bir konuma getirmiştir. EPROM'un sık rastlanan pratik uygulamalarından biri de dışarıdan gelen yazıcı ve bilgisayarlara Türkçe karakter seti eklemektir.

➤ **EEPROM (Electrically Erasable Read Only Memory - Elektiksel Olarak Silinebilen Programlanabilen Yalnızca Okunur Bellek)**



Şu anda bilgisayarınızın BIOS'unuzun kullandığı ROM tipi EEPROM'dur. EPROM'a benzer olarak EEPROM'da silinebilir ve yazılabilir. Adı üzerinde, silme işini elektiksel olarak yapabiliyorsunuz. Yani ultraviyole ışığını kullanarak bilgileri silmek o kadar zor değil. BIOS'lar EEPROM kullanırlar. Bu sayede ana kart üreticileri güncellenmiş BIOS'larını yazabiliyorlar.

### ➤ Flash ROM Bellekler

Bu tip hafızalar, bir çeşit EEPROM olmakla birlikte hücreler arasındaki bağlantılar iç teller ile sağlanmaktadır. Aralarındaki en önemli fark ise EEPROM'a bilgilerin byte byte yazılması Flashlara ise bilgilerin sabit bloklar hâlinde yazılmasıdır. Yani hafızalarda her defasında 512 byte'lık bilgi yenilenebilmektedir. Normal EEPROM'larda ise 1 byte'lık değişiklik yapılabilir. Sabit bloklar 512 bytedan 256 KB'a kadar olan bir aralıkta değişir. Bu sabit bloklar hâlinde yazılma özelliğinden dolayı Flash Memory'i EEPROM'a göre daha hızlı çalışmaktadır. EEPROM'un silinme işlemi tüm EEPROM için aynı anda yapılabilir veya blok olarak tabir edilen bazı parçalar için silme işlemi tek seferde elektrik alanı uygulama sayesinde gerçekleşmektedir. EEPROM'larda olduğu gibi Flash Memory'nin de bir yaşam süresi vardır. Bu 100.000'den 300.000 kez yazmaya kadar değişebilir.

Bütün ROM çeşitlerinin sadece okunabilir olmadığını görüyoruz. Bunun sebebi ise gayet açık: Zamanla ROM içerisindeki bilgiler güncelleştirilme ihtiyacı duyduğunda, güvenli yollar ile hiçbir sorun olmadığını görüyoruz. Ana kartınızın yeni standartlara açık olmasını ve bunları desteklemesi için arada bir güncellenmesi gerekebiliyor.

## 1.2. Yarı İletken Özelliklerine Göre RAM Bellek Çeşitleri

### 1.2.1. SRAM (Static Random Access Memory-Statik Rastgele Erişimli Bellek)

SRAM, DRAM'den daha hızlı ve daha güvenilir olan, ama onun kadar yaygın olmayan bir hafıza çeşididir.

SRAM'lere statik denmesinin sebebi, DRAM'lerin ihtiyaç duyduğu tazeleme operasyonuna ihtiyaç duymamalarıdır; çünkü elektronik yükü DRAM'daki gibi orijinal konumunda tutan bir depolama hücresi esasına dayanmayıp, akımın belli bir yönde sürekli taşınması prensibine göre çalışırlar. SRAM'ler-genellikle-sadece ön hafıza (cache) olarak kullanılır. Bunun altında iki temel sebep yatar:

- SRAM'ler DRAM'lerden daha hızlıdır.
- SRAM'lerin üretim maliyetlerinin DRAM'lerinkine oranla çok daha yüksek olması.

Statik belleklerde mandallı röle devreler kullanılır. Röleye voltaj uygulandığında röle harekete geçer ve "elektriği iletmez" durumdan "iletir" duruma geçer. Elektrik akımının bir kısmı röleyi bu hâlde tutmak için kullanılır. Böylece röle devresi kapı mandalı gibi bir kuvvet ya da sinyal gelinceye kadar durumunu korur. Gerekli sinyal geldiğinde elektriği keser ve bu duruma kilitlenir. Böylece bir biti saklamak için gerekli iki durum elde edilmiş olur. Bu özellikteki çok sayıdaki devre bir araya gelerek statik bellek yongasını oluşturur. Statik belleklerde anlatılan bu yapı, şimdiki fash belleklerde kullanılan yapı ile aynıdır.



### SRAM Çiplerinin Çeşitleri

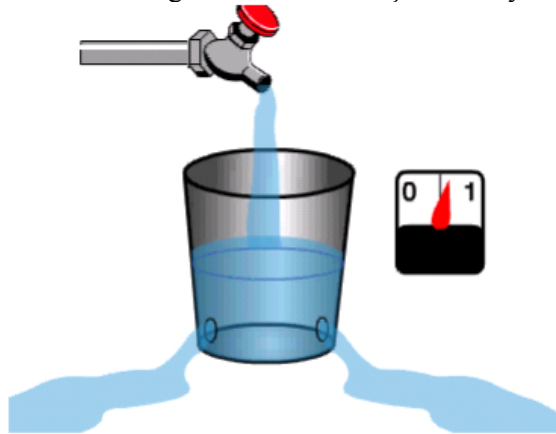
- **VRAM (Video RAM):** Bu RAM ekran kartları için düzenlenmiştir. VRAM ve WRAM ikisi birden çift portlu bellek birimleridir. Bunun anlamı işlemci aynı anda her iki bellek çipinin içerisine çizim yapabilmektedir.
- **WRAM (Windows RAM):** WRAM, bellek bloklarının sadece birkaç komutla daha kolay bir şekilde adreslenmesine izin verir.

### 1.2.2. DRAM ( Dynamic Random Access Memory-Dinamik Rastgele Erişimli Hafıza)

“Rastgele erişim” ifadesi, bilgisayarın işlemcisini hafızanın ya da verinin tutulduğu bölgenin herhangi bir noktasına direkt olarak erişebileceğini belirtmek için kullanılır. Bu tür hafızalar veriyi tutabilmek için sabit elektrik akımına ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden depolama hücrelerinin her saniyede yüzlerce kez ya da her birkaç milisaniyede bir tazelenmesi yani elektronik yüklerle yeniden yüklenmesi gerekir. DRAM’ın doğasındaki dinamiklik buradan gelmektedir.

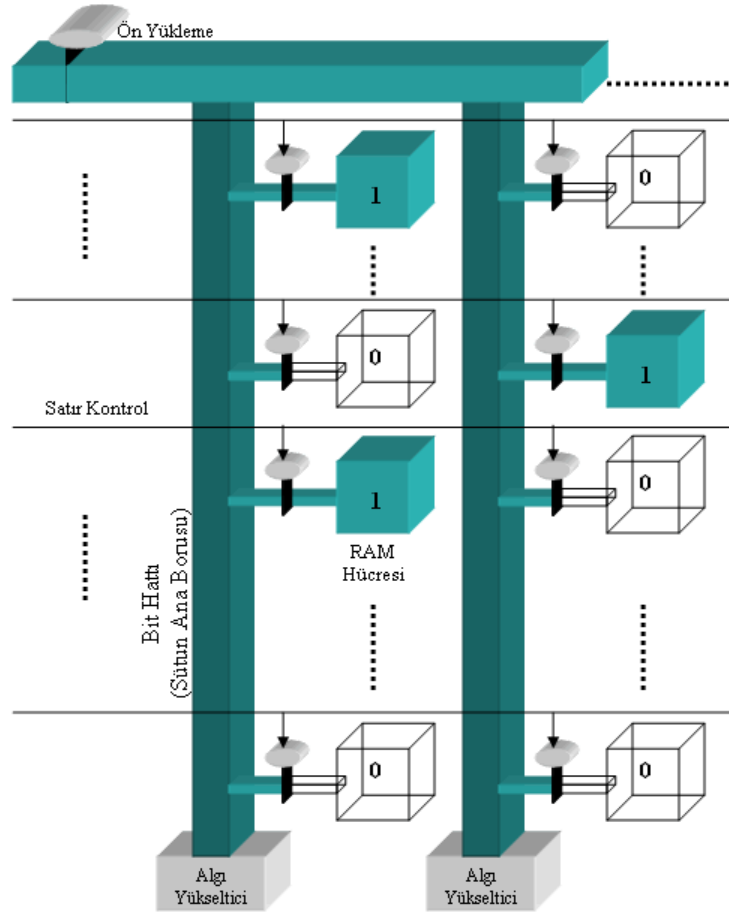
Mikroişlemcilere benzer olarak hafıza çipleri de milyonlarca transistör ve kapasitörden oluşan entegre devrelerdir. Genel hâli ile bilgisayar hafızalarında (DRAM, Dynamic Random Access Memory) bir transistör ve bir kapasitör, birlikte bir hafıza hücresini oluştururlar ve tek bir bit bilgiyi temsil ederler. Kapasitör bir bitlik bilgiyi (0 veya 1) tutar, transistör ise bir anahtar görevi görerek bilginin okunmasını veya değiştirilmesini kontrol eder.

Kapasitör elektronları, bir kova şeklinde düşünülebilir. Bir hafıza hücresinde “1” bilgisini tutabilmek için kovanın, yani kapasitörün elektronlar ile dolu olması gerekmektedir. “0” bilgisini hafızada tutmak için ise kovanın, yani ilgili kapasitörün boş olması gerekmektedir. Buradaki temel problem, kovadaki elektron kayıplarıdır. Birkaç milisaniye içerisinde kova kayıplardan dolayı boşalabilmektedir. Bu nedenle dinamik hafızaların işlevlerini yerine getirebilmeleri için “1” bilgisini tutması, gereken hafıza hücrelerindeki kapasitörlerin CPU veya hafıza denetleyicisi (memory controller) tarafından sürekli doldurulması gerekmektedir. Bunun için memory controller hafızayı okur ve dolu olması gerekenlerin sürekli dolu olmasını sağlar. Bu tazeleme işlemi saniyede binlerce kez yapılır.





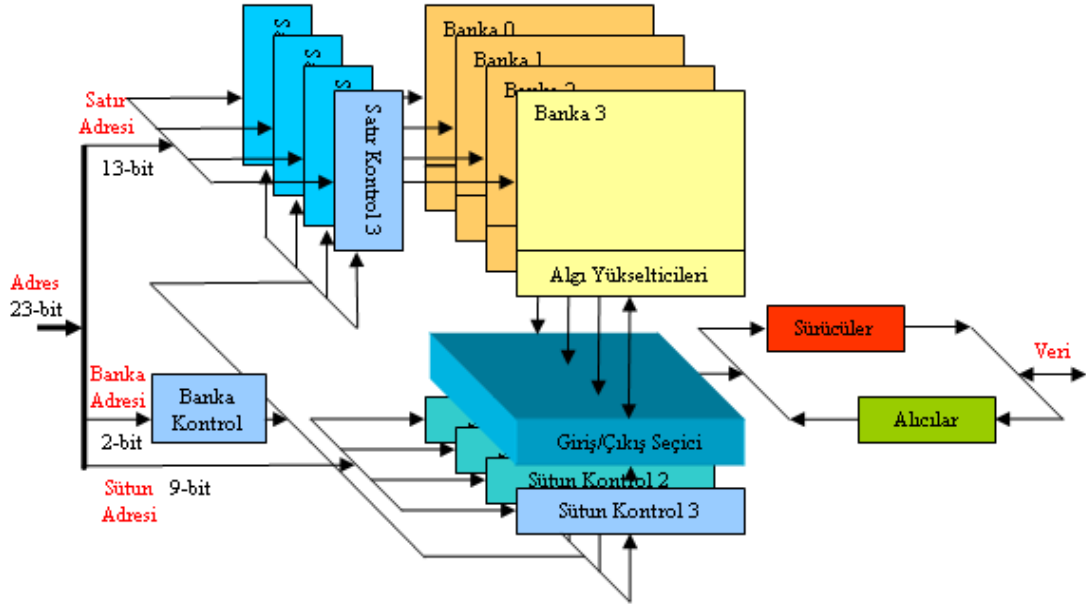
Her hafıza hücresinde 1 bit'lik veri saklanır. Bu 1 bit'lik veri, hafıza hücresinde elektriksel bir yük olarak depolanmaktadır. Bulunduğu konumun satır ve sütun olarak belirtilmesi hâlinde veriye anında ulaşılması mümkündür. Ne var ki DRAM, geçici (ya da uçucu, volatile) bir hafıza türüdür; yani tutmakta olduğu veriyi elinden kaçırmaması için sürekli elektrik gücüyle beslenmek zorundadır. Güç kesildiği anda RAM' deki veri kaybolur.



Şekil 1.7: Bellek hücre yapısı

RAM hücremizi dışarıya bir vanayla bağlı olan bir hazne olarak düşünelim. Verimizi yani hücrelerde saklanan 0 veya 1 değerlerinden birini saklayan bitlerimizi de haznemizin boş ya da dolu olma durumu olarak, suyu ise yine aktığını varsayabileceğimiz elektriksel yük yani elektronlar olarak modelleyelim. Bu modele göre; RAM hücrelerimiz, yani küçük su hazneciklerimiz, saklayacakları veri 0 ise boş, 1 ise dolu oluyor. Bellek tablomuzda bir sütunda yer alan yani dikey olarak komşu olan haznelerin tümü ortak bir boruya bağlıdır. Her sütunda bulunan bu ortak borunun elektronikteki karşılığı **bit hattı**dır. Bit hattına her okuma veya yazma işleminden önce ayrı bir vana üzerinden su dolduruluyor. Bu boruların bir ucunda, borudaki su seviyesini algılayan **algı yükselticisi** denilen birimler bulunuyor. Erişim sırasında, önce adresin gösterdiği satırdaki bütün hazneleri bulundukları sütunlardaki ana boruya bağlayan küçük vanalar aynı anda açılıyor ve tüm satırın sakladığı veri okunuyor. Sıra geliyor bu satırın hangi sütununun ayıklanacağına. Bunun için bir kısmı satırla ilgili

işlemlere eş zamanlı olarak adresin gösterdiği sütun numarası çözülüyor. O sütuna ait byte'ın algılayıcılarına **algıla** komutu veriliyor ve o byte okunmuş oluyor. Belleklere yazma işlemi de okuma işlemi ile hemen hemen aynıdır.



Şekil 1.8: Belleğin blok diyagramı

Yukarıda da belirttiğimiz gibi DRAM'e "dinamik" RAM denmesinin sebebi, veriyi elinde tutabilmek için her saniyede yüzlerce kez tazelenmek ya da yeniden enerji ile doldurulmak zorunda olmasıdır. Tazelenmek zorundadır; çünkü hafıza hücreleri elektrik yüklerini depolayan minik kondansatör içerecek şekilde dizayn edilmiştir. Bu kondansatörler, kendilerine yeniden enerji verilmediği takdirde yüklerini kısa sürede kaybedecek olan çok minik enerji kaynakları olarak görev yaparlar. Aynı zamanda hafıza dizisinden birinin alınması ya da okunması süreci de bu yüklerin hızla tüketilmesine katkıda bulunur; bu yüzden hafıza hücreleri verinin okunmasından önce elektrikle yüklenmiş olmaları gerekir.

DRAM'lerin bellek tasarımcılarına çekici gelmesinin, özellikle de bellek büyük olduğu zaman, çeşitli nedenleri vardır. En önemli üç nedeni şöyle sıralayabiliriz:

1. *Yüksek Yoğunluk:* Tek bir yonga içine daha çok bellek hücresi (transistör ve kondansatör) yerleştirilebilir ve bir bellek modülünü uygulamaya koymak için gerekli olan bellek yongalarının sayısı azdır. Bu yüzden caziptir.

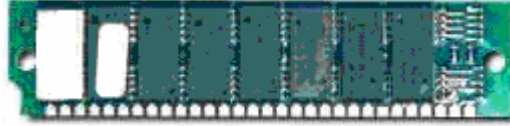
2. *Düşük Güç Tüketimi:* Dinamik RAM'in bit başına güç tüketimi, static RAM'le karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

3. *Ekonomi:* Dinamik RAM, static RAM'den daha ucuzdur.

### 1.2.3. FPM DRAM (Fast Page Mode DRAM-Hızlı Sayfa Modu DRAM)

Bellek bir çok satır ve sütundan oluşan bir dizi gibi düşünülebilir. Satır ve sütunların kesiştiği yerlerde bellek hücreleri bulunur. Bellek kontrolcüsü belleğin içindeki herhangi bir yere ulaşmak için o yerin hem satır hem de sütun olarak adresini vermek zorundadır.

DRAM dizinindeki bir yeri okumak için ilk önce satır, sonra da sütunu seçmek için elektrik sinyali gönderir. Bu sinyallerin bir dengeye kavuşması bir miktar zaman alır. Bu süre içinde de verilere ulaşılamaz. Fast Page Mode (kısaca FMP) RAM'ler bu süreci hızlandırmak için okuyacağınız bir sonraki verinin aynı satırın bir sonraki sütununda olduğunu varsayar. Çoğu zaman bu varsayım doğrudur ve bu da satır sinyalinin dengeye kavuşmasını beklemeye gerek kalmadığı anlamına gelir.



Resim 1.3: FPM DRAM

Ama işlemci verileri çok hızlı istemeye başlarsa bu yöntemin güvenilirliği azalır (33 MHz'in üstünde çalışan işlemciler için bu durum geçerlidir). Çünkü bu hızlarda adres sinyalleri kararlı duruma gelecek kadar uzun zaman bulamazlar. Bu sorunu çözmek için EDO RAM'ler geliştirilmiştir.

FPM DRAM, EDORAM'ler duyurulmadan önce, bilgisayar sistemleri için geleneksel belleklerin yerini tutmaktaydı. FPM, 2, 4, 8, 16 veya 32 MB'lik SIMM modüllerine yerleştirilmiştir. Tipik olarak 60 veya 70 ns'lik versiyonları bulunmaktadır.

### 1.2.4. EDO DRAM (Extended Data Out–Genişletilmiş Veri Çıkışı)

EDO RAM'ler belleğe erişim süresini daha da kısaltmak ve bu arada da güvenilirlik sorununu çözmek üzere geliştirilmiştir.



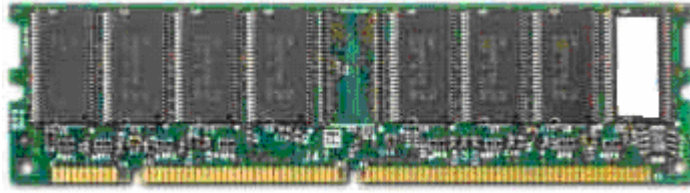
Resim 1.4: EDO DRAM

EDO belleklerin performansı, yüzde beş ile on civarında artırdığı görülmektedir. FPM RAM'lerin güvenilirlik sorununu çözmek için EDO RAM'lerde çıkışa bir dizi ikincil bellek hücreleri eklenir. Bu ikincil hücreler okunmak için veri istediği zaman bu verileri alır ve CPU'nun güvenilir bir şekilde okumasına yetecek kadar uzun bir süre saklarlar. Bu teknikle 50 MHz'e kadar bus hızları için (mikroişlemci değil, bus hızı) güvenilir ve hızlı bir okuma yapabilir. Bu hızın da üzeri için daha fazla ek devreye ihtiyaç vardır. Burst EDO RAM olarak adlandırılan bir teknik CPU'nun, örneğin, birbiri ardı sıra gelen ilk dört adresi okumak istediği varsayılır ve bu adreslerdeki bilgiler alınır. Bu yöntemle 66Mhz'lik bus hızlarında bile çalışılabilir.

72-pin SIMM konfigürasyonu EDO RAM'in genelde 60 ns'lik versiyonları satılır. Günümüzde kullanılmamaya başlanmıştır.

### 1.2.5. SDRAM (Senkronize DRAM)

SDRAM 1996 yılının sonlarına doğru sistemlerde görülmeye başlandı. Daha önceki teknolojilerden farklı olarak kendisini işlemcinin zamanı ile senkronize edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu da bellek kontrolcüsünün istenilen verinin ne zaman hazır olacağını kesin olarak bilmesini sağlıyordu. Böylece işlemcinin bellek erişimleri sırasında daha az beklemesi sağlandı. SDRAM modülleri kullanılacakları sisteme göre farklı hızlarda üretilmektedirler. Böylece sistemin saat hızı ile en iyi biçimde senkronize olmaktadır. Örnek olarak PC66 SDRAM 66MHz'de çalışır, PC100 SDRAM 100MHz'de çalışır, PC133 SDRAM 133MHz'de çalışır. 100 ve 133 sistem veri yolu hızını gösterir.



Resim 1.5: SDRAM bellek

Bellekler, dizeler ve sütunlardan oluşan hücrelerden oluşur. Bilgiler bu hücrelerdeki dizelere ve sütunlara kaydedilir. Bir bilgi işleneceği zaman bu dize ve sütunlara erişim yapılır. Bir bilginin işlenirken toplam üç farklı gecikme yaşanır. Bunlar **RAS**, **RAS-to-CAS** ve **CAS** tır.

**RAS (Row Address Strobe) :** Aranılan bilginin kayıtlı olduğu dizeye ulaşırken yaşanan gecikmedir.

**CAS (Column Address Strobe):** Bilginin kayıtlı olduğu sütuna ulaşılırken yaşanan gecikmedir.

**RAS-to-CAS :** Bilginin var olduğu dizeden sütuna geçerken yaşanan gecikmedir.

### 1.2.6. DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM)

DDR SDRAM teknolojisi gelecek vaat eden bir bellek teknolojisidir. Teorik olarak DDR SDRAM bellekler, SDRAM belleğin sunduğu bant genişliğinin iki katını sunuyor. Adından da anlaşılacağı üzere yine senkronize yani sistem veri yolu hızı ile aynı hızda çalışmaktadır. Bant genişliğini iki katına çıkaran özellik ise saat verilerinin yükselen ve alçalan noktalarından bilgi okuyabilme yeteneğinin olmasıdır. SDRAM'da ise bilgi alma yönü saat verilerinin yükselen noktalarındandır. Buradan yola çıkarak teorik olarak 133 MHz hıza sahip olan DDR bellek 266 MHz hıza sahip olan SD bellek ile aynı performansı verecektir.



**Şekil 1.9: SDRAM ve DDR DRAM arasındaki zaman farkı**

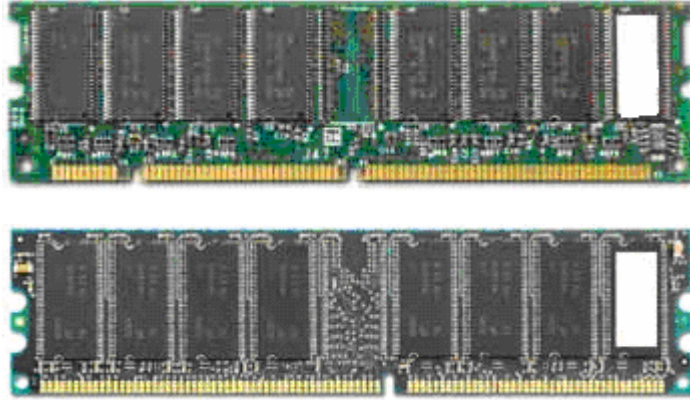
SDRAM'e benzer olarak DDR SDRAM'de yapısı için DIMM modüllerini kullanır. DIMM'in yapısı gereği, geniş veri çıkışı ve hızı sunan 64 bit'lik veri bağlantısı kullanılır. Buna rağmen DDR SDRAM'ler günümüzdeki SDRAM kontrolcileri ile uyumlu değildir. DDR SDRAM'leri kullanabilmek için çipset ve anakart üreticilerinin DDR SDRAM için uyumlu aygıtlarını üretmeleri gerekmektedir.

DDR SDRAM bellek türüne ihtiyaç duyulmasının nedeni, sistem veri yolu hızlarının işlemcilerin çalışma frekanslarının çok gerisinde kalmasıdır. Günümüz işlemcilerinin veri işleme hızlarının çok yüksek olması çok hızlı bellekleri de beraberinde getirmiştir.

#### **DDR RAM'in faydalarını şöyle sıralayabiliriz:**

- DDR belleğin yüksek veri transferi oranı sayesinde performans artışı, DDR RAM'in sunduğu veri bant genişliği SDRAM'den daha fazladır. 100 MHz'de çalışan SDRAM 800 MB/sn bellek bant genişliği sunarken, yine 100 MHz'de çalışan DDR RAM'in her saat vuruşunun hem yükselen hem de alçalan tarafında veri okuyabilmesi sonucunda sunduğu bellek bant genişliği ise 1600 MB/sn'dir.
- Grafik ağırlıklı dosyalar kullanılırken daha iyi performans sağlar.
- Dijital ve multimedya ortamlarda daha net grafikler elde edilir.

DIMM DDR SDRAM bellekler SDRAM'lerle hemen hemen aynı büyüklükte olsa da takıldığı soket 168 pin'den 184 pin'e çıkarıldığı için DDR belleklerle beraber yeni ana kartlarda üretilmeye başlanmıştır.



**Resim 1.6: DDRAM çeşitleri**

DDR RAM şu an her saat vurusunda 2 veri paketi değil, 4 veri paketi okuyabilmektedir. Bu da bellek bant genişliğini 4,8 GB/sn gibi çok yüksek bir rakama ulaştırıyor.

Üretim maliyeti olarakta SDRAM'lerden pek bir farkı olmayan DDR RAM'ler, geniş veri yolu gerektiren multimedya uygulamalarında çok olumlu sonuçlar vermiştir.

Grafik işlemciyle bellek arasındaki veri yolu yetersizliği DDR RAM'lerle aşılmıştır.

DDR RAM belleklerin sağladığı geniş veri yolu, ekran kartlarının en yüksek çözünürlüklerde bile performans kaybına uğramadan görüntü oluşturmalarına imkn sağlıyor.

DDR SDRAM geleneksel SDRAM gibi "paralel veri yolu" mimarisini kullanır, fakat daha az g harcar.

DDR SDRAM'lerin isimlendirmesi ise iki şekilde olmaktadır: Hızına göre ve sunduğu bant genişliğine göre. Hıza göre isimlendirilenler: Örneğin DDR266 veya DDR333. 266 ve 333 gibi ifadeler, bu DDR SDRAM'lerin maksimum sırasıyla 266 ve 333 MHz'de çalışmak için üretildiğini belirtir.

Hıza göre isimlendirme, hatırlama ve kullanma açısından daha kolay. Ve genelde hıza göre isimlendirme kullanılıyor. Diğer taraftan ise bant genişliğine göre adlandırılanlar da vardır. Örneğin 266 MHz'de çalışan bir DDR SDRAM'ın, bir diğer ifadeyle DDR266'nin, sunduğu maksimum bant genişliği 2100 MB/sn'dir. PC2100 DDR SDRAM şeklinde isimlendirilir.

### 1.2.7. DRD RAM ( Direct Rambus DRAM)



Resim 1.7: DRD RAM eşitleri

RDRAM, yenilikçi bir bellek teknolojisine sahiptir. 16 bit geniş bir veri yolu hızı sunan Direct Rambus Kanalı bellek hızının 400 Mhz'e kadar çıkmasına olanak tanıyor. DDR SDRAM gibi çift taraflı okuma yapabileceğinden bu hız 800 Mhz'e eşit oluyor. DIMM modüllerini kullanan SDRAM ve DDR SDRAM'ın 64 bit veri yolu bağlantısı kullandığından bahsetmiştik. Fakat RDRAM 16 bitlik bir veriyolu üzerinde alışıyor. Veri yolu genişliği daha dar olmasına rağmen daha fazla bant genişliğine izin vermektedir. Bu da Rambus'un çalıştığı hıza bağlıdır. Zira daha dar veri yolu genişliği daha fazla hıza imkn tanıyor. Teorik olarak RAMBUS 1,6GBps değerinde bir bant genişliği sunabiliyor.

### 1.2.8. SLD RAM

Artık eskimiş bir teknoloji. SLDRAM, bir grup DRAM üreticisinin 1990'ların sonlarında Direct Rambus teknolojisine alternatif olarak geliştirdiği bir teknolojiydi.

### 1.2.9. Diğer RAM Çeşitleri

#### ➤ EDRAM (Enhanced DRAM)

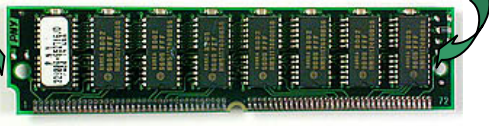
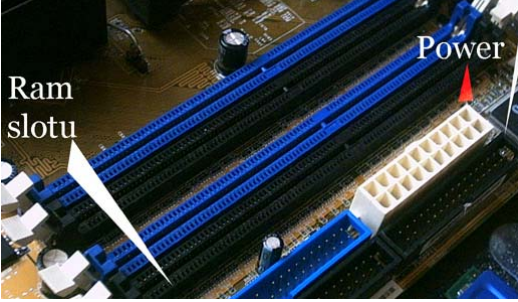
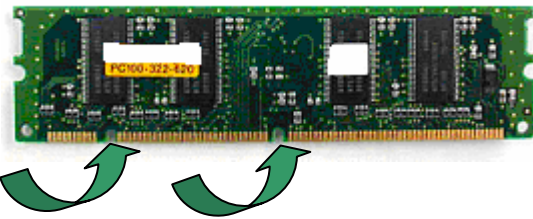

Geliştirilmiş DRAM, ana karttaki L2 (seviye 2) standart DRAM ve SRAM'ın yerini almaktadır. 35 ns DRAM içerisine 256 bayt 15 ns SRAM eklenmesi ile oluşturulmuştur. SRAM 256 bayt hafıza sayfasının tamamını bir defada alabildiği için hız gereksiniminiz olduğunda 15ns erişim hızı verir (aksi halde 35 ns). Çip seti -hafıza gereksinimlerini ayırmak için SIC çipi L2 cache'in yerini almaktadır. Sistem performansı %40 civarında artar. EDRAM, çipin kalanı olmadan istekleri kabul eden ve tamamlayan ayrı bir yazma rotasına sahiptir.

#### ➤ Bedo RAM (Burst Edo RAM)

Burst teknolojisiyle EDO RAM'in bir kombinasyonudur. Her türlü ana karta olmaz. Burst EDO DRAM, bir geçiş aşaması ve 2-bit burst sayacı bulunan bir EDO DRAM' dir. BEDO ve EDO arasındaki farklılık döngülerdir; yani OKUMA ve YAZMA dört türlü burst'larda meydana gelir. BEDO, FP DRAM'e göre yüzde yüz, EDO DRAM'e göre de %33-50 oranında performans artışı sağlar. Günümüzdeki birçok DRAM tabanlı hafıza sistemleri, daha yüksek bant genişliğinin avantajlarından faydalanmak için burst yönlendirmeli erişimler kullanırlar. FP ve EDO gibi klasik DRAM'ler sayesinde başlatıcı bir kumanda ile DRAM'e erişir. Kumanda verilerin başlatıcıya gönderilmeden önce hazır olmasını beklemelidir. Fakat Burst EDO bekleme aşamasını ortadan kaldırarak sistem performansını artırır.



## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>1. Belleğin kenarlarından tutunuz.</p>	<p>1. Bilgisayarınızın güç düğmesini kapalı konumuna getiriniz ve güç kablosunu çıkarınız.</p>
	<p>2. Ana kart/bilgisayar kullanım kılavuzunda gösterilen modül takma talimatlarını inceleyiniz.</p>
	<p>3. Bellek modülünü tutarken statik elektrik ile zarar vermemeye dikkat ediniz.</p>
<p>2. Belleğin doğru yönünü tespit ediniz.</p>	<p>4. Herhangi bir elektronik bileşene dokunmadan ya da yeni modül / modüllerinizi ambalajından çıkarmadan önce kendinizi topraklayınız.</p>
	<p>5. Bunun için topraklanmış çıplak bir metale dokunarak üzerinizdeki statik elektriği boşaltmalısınız.</p>
	<p>6. RAM'leri takarken RAM'in pin yapısına dikkat ediniz. DDR RAM'lerde ortada bir girinti SDRAM'ler de ise 2 girinti olur. O girintilerin ana karttaki çıkıntıya gelmesi gerekir.</p>



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

### A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki sorulara uygun cevapları veriniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi ana donanım birimidir?  
A) RAM  
B) Tarayıcı  
C) CD-ROM  
D) Modem
2. RAM bellek ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?  
A) Herhangi bir işlem yapılırken diskten okunan bilgiler ve işlem sonuçları gibi her şey önce buraya yazılır. “Kaydet” butonuna tıkladığımızda da buradan diske kaydedilmiş olur.  
B) RAM bellekteki bilgiler, elektrik kesilmesi veya bilgisayarı kapatmamız durumunda kaybolur.  
C) Bilgisayar her açıldığında bilgiler buraya yeniden yüklenir. Bilgisayarda çalıştırılan, yani yüklenen her program ve dosya burada aktif hâle gelmektedir.  
D) RAM’deki bilgiler kalıcıdır.
3. Elektriğin kesilmesi veya bilgisayarın kapatılması durumunda kaybolmayacak sistem bilgileri ve BIOS (bilgisayarın açılarak çalışır duruma gelmesini sağlayan küçük bir kontrol programı) bu ROM bellek çipine yerleştirilmiştir. Bu işlem, üretici firmalar tarafından yapılır.  
A) Yanlış  
B) Doğru
4. RAM belleğin hızı.....hızından düşüktür. RAM’in bu hız düşüklüğüne ön bellek (cache) bellek yardımcı olur ve RAM ile ..... arasındaki veri transferinde görev yapar; hızı dengeler. Aşağıdakilerden hangisi boş bırakılan yerlere gelmelidir?  
A) ROM bellek  
B) Ana kart  
C) CPU  
D) Sabit disk
5. Bir kez veri kaydedilebilen ve daha sonra değiştirilemeyen bellek türü hangisidir?  
A) ROM  
B) PROM  
C) EPROM  
D) EEPROM

6. Aşağıdakilerden hangisi 1 gigabyte'a eş değerdir?  
A) 1024000KB  
B) 1024MB  
C) 1000000000byte  
D) 1048576KB
7. Tazeleme (refresh) hangi bellek türleri için kullanılan bir kavramdır?  
A) PROM  
B) SRAM  
C) DRAM  
D) Hiçbiri
8. 100MHz veri yolu hızına sahip bir ana kartta; biri 100MHz ve diğeri 133MHz hızlarında her biri 128MB kapasiteli iki bellek (RAM) yongasını bellek yuvalarına taktığımızda bellek erişim hızı ne olur ?  
A) 100Mhz  
B) 133MHz  
C) 116.5MHz  
D) İşlemcinin hızına göre değişir.
9. Bilgisayar açıldığında aşağıdakilerden hangisi ilk aktif olur?  
A) RAM  
B) Harddisk  
C) Disket Sürücü  
D) ROM BIOS
10. Aşağıdaki belleklerden hangisi güçlü grafik işlemcilerinin veri gereksinimlerini karşılamak için en iyi platformu oluşturur?  
A) SDRAM  
B) DRDRAM  
C) DDR RAM  
D) DRAM

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer faaliyete geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında ana kart üzerine bellek modüllerini takabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Bilgisayar anakartına eleman bağlantılarında nelere dikkat etmeliyiz.
- Statik elektrik nedir ve elektronik devre elemanlarına etkilerini araştırınız.

Araştırma işlemleri için internet ortamı ve belleklerin satıldığı mağazaları gezmeniz gerekmektedir. Bellek çeşitleri ve amaçları için ise yetkili kişilerden ön bilgi edininiz.

## 2. BELLEK MONTAJI

Bilgisayarınız için yeni bellek satın aldınız. Şimdi onu bilgisayarınıza takmanız gerekiyor. Bu bölüm, size bellek modülünüzü takarken kılavuzluk edecek ve olası sorunlar için başvurabileceğiniz kaynakları gösterecektir.

### *Belleği takmadan önce:*

Başlamadan önce, aşağıdakilerin yanınızda olduğundan emin olun:

- **Bilgisayar/Ana kart Kullanım Kılavuzu:** Belleği takabilmek için bilgisayar kasasını açmanız ve bellek yuvalarını bulmanız gerekir. Bu işlemler sırasında bazı kablo ve çevre birimlerini yerinden çıkarmanız ve sonra yeniden takmanız gerekebilir. Kullanım kılavuzu sayesinde bu işlemleri hatasız yapabilirsiniz. Ayrıca kılavuzda sizin bilgisayarınıza özgü bazı donanımlarda gösterilmiş olabilir.
- **Ufak Bir Tornavida:** Birçok bilgisayar kasası vidalarla birleştirilmiştir. Ayrıca tornavida, parmaklarınız için çok küçük olan bellek yuvaları içindeki tırnaklar için oldukça elverişlidir.

### *Çalışırken dikkat edilmesi gerekenler:*

- **ESD Arızası:** Statik elektrik oluşumudur.
- **Gücün Kapatılması:** Kasayı açmadan önce bilgisayarınızı ve tüm diğer çevre birimlerini kapatmanız gerekmektedir. Gücü açık bırakarak çalışmanız, bilgisayarınız ve diğer bileşenlerin arızalanmasına sebep olabilir.

### ***Belleğin takılması:***

Günümüzde kullanılan bilgisayarlar, aşağıda belirtilen bellek modülleri standartlarına uygun yuvalara sahiptirler:

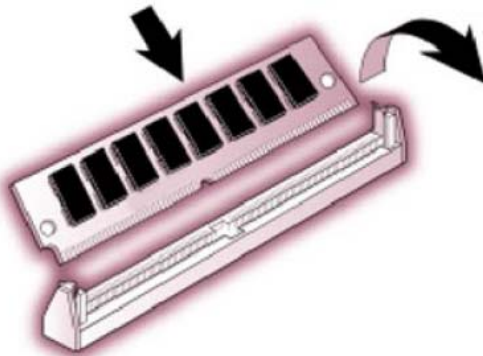
Masaüstü, iş istasyonu ve sunucular

- 72-pin SIMM
- 168-pin DIMM
- 184-pin RIMM

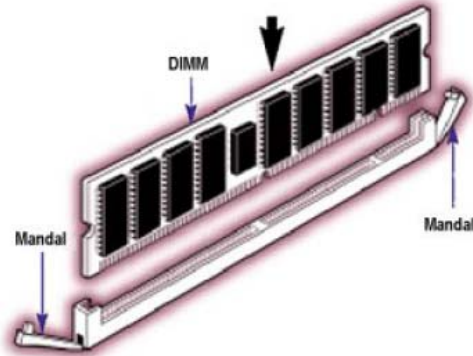
Notebook ve taşınabilir bilgisayarlar

144-pin SO DIMM

Bilgisayar ya da ana karta bağlı olarak bellek yuvaları farklı yerlerde olabilir; ama yuvalar her zaman aynıdır ve bellek her zaman aynı şekilde takılır. Sistem kullanım kılavuzunuza bakarak bellek yuvalarının yerini, belleği takabilmek için herhangi bir bileşenin çıkarılıp çıkarılmayacağını öğreniniz.



Şekil 2.1: 72 pin SIMM takılması



Şekil 2.2: 168 pin DIMM takılması

## **2.1. Statik Elektriğin Bellek Modüllerine Zararları (ESD-Elektrostatik Deşarj)**

İnsan vücudu, çevresindeki birçok şeyden devamlı surette elektrikle yüklenir. Kuru bir havada çıplak ayağı yün halıya sürtmek insana 50.000 volt statik elektrik yükleyebiliyor. Belki şunu söyleyebilirsiniz: “Madem insan vücudunda 50.000 volt statik elektrik oluşabiliyor, niye bu elektrikle bir metale değdiğimizde çarpılmıyoruz?” Çünkü vücudumuzda taşıdığımız elektriğin akım gücü çok düşüktür. İki nesne arasındaki elektrik farkı ise transferin gücünü belirler.

Bilgisayarda bulunan çipler, akım düşük olsa bile yüksek voltajda zarar görebilecek cihazlardır. Bilgisayardaki cihazlar genelde 6-12 volt gibi çok düşük voltajlarla çalışmak için tasarlanmıştır; yüksek bir voltajla karşılaştığında bozulabilir. Kötü tarafı, parçalara zarar verdiğinizizi hiçbir şekilde hissedemezsiniz. Bu aylar, sonra çıkabilir. Genelde giderilemeyecek sorunlara neden olduğu için ağır mali külfet getirecektir.

ESD arızası üç sebepten dolayı meydana gelir: Aygıtı direk elektrostatik boşalma(deşarj), aygıttan elektrostatik boşalma (deşarj) ve indüktif alanlardaki boşalmalar(deşarj).

Elektrik yüklü iletken (insan vücudu dahil), elektrostatik olarak hassas bir yüzeye dokunduğunda ESD vakası oluşabilir.

Elektrostatığe hassas bir cihazın üzerindeki elektrik yükünün boşalması da bir ESD vakasıdır. Bu, çoğunlukla cihaz bir yüzey üzerinde hareket ettiğinde veya paket içinde titreşime maruz kaldığında oluşur.

### ESD'ye Karşı alınacak Önlemler

#### Topraklama

Çalışma alanındaki tüm malzemeleri (çalışma yüzeyi, kişiler, cihazlar vb.) aynı toprak seviyesine getirecek ortak bir topraklama noktasına bağlayarak ESD koruması sağlanabilir. Ortak topraklama noktası iki veya daha fazla topraklama ucunu aynı potansiyele getirmek için yapılan bağlantıdır.

#### ESD Bileklik (wristband)



Şekil 2.3: ESD bileklik

Çoğu durumda insanlar, yegâne statik elektrik üreten kaynaktır. Basit olarak yürüyen veya kart tamir eden biri binlerce volt statik elektrik üretebilir. Eğer bu enerji kontrol edilmezse, elektrostatik hassasiyeti (ESDS) olan cihazları kolaylıkla arızalandırabilir. Bu nedenle *insanlar üzerindeki statik elektriği kontrol etmenin en kolay yolu, ESD bilekliği takmaktır.* Uygun şekilde takılmış ve topraklanmış bir bileklik, kişiyi toprak potansiyeline yakın bir seviyede tutar. Çalışma alanı içindeki kişiler ve objeler, aynı potansiyel seviyesine sahip oldukları için riskli birdeşarj oluşmayacaktır. Bileklikler, günlük olarak test edilmeli ve gözlemlenmelidir.

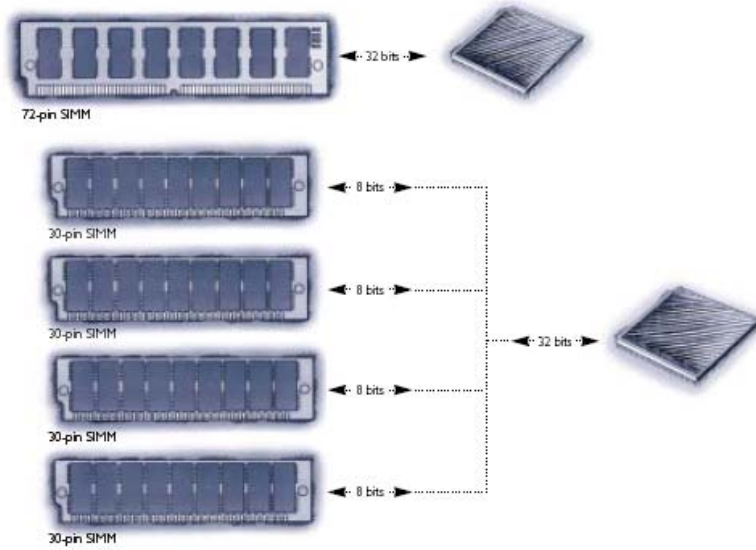
## 2.2. Modül Yapısına Göre RAM Bellek Çeşitleri

Ana kartlarımızdaki bellek soketlerine yerleştirdiğimiz baskı devreleri, ana karta bağlandıkları veri yolunun genişliğine göre DIMM (Dual Inline Memory Module) ve SIMM (Single Inline Memory Module) gibi kısaltmalarla adlandırıyoruz. Bugünlerde en popüler olanı, üzerinde genellikle bant genişliği yüksek ve dolayısıyla daha geniş veri yoluna ihtiyaç duyan DDR bellek yongalarını barındıran DIMM'lerdir. Dizüstü bilgisayarlarda kullanılan DIMM'ler fazla yer kaplamamaları için küçük olduklarından SO-DIMM (Small Outline Dual Inline Memory Module) yani küçük izdüşümlü RAM adını alıyorlar.

### 2.2.1. SIMM' ler (Single Inline Memory Module)

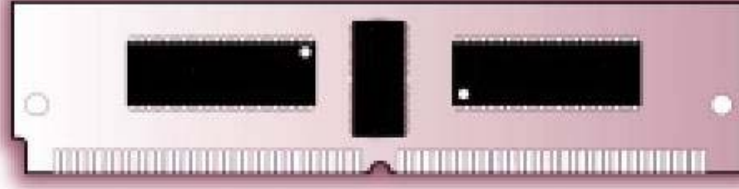
Üzerinde altın/kurşun temas noktaları ve diğer bellek cihazlarının bulunduğu baskılı devre levhasıdır. SIMM'ler ile bellek yongaları modüler devre plakaları üzerine yerleştirilerek ana kart üzerindeki bellek yuvalarına takılıp çıkartılabiliyordu. SIMM kullanıcıya iki avantaj sunar: Kolay montaj ve ana kart üzerinde az yer kaplama. Dik olarak yerleştirilen SIMM, yatay olarak yerleştirilen DIMM'den daha az yer kaplar. Bir SIMM üzerinde 30 ile 200 arasında pin bulunur. SIMM'in bir yüzeyinde bulunan kurşun lehimler, elektriksel olarak birbirine bağlı olacak şekilde yerleştirilmiştir.

İlk SIMM'ler bir defada 8 bit veri aktarabiliyordu. Daha sonraları işlemciler verileri 32 bit'lik veriler hâlinde okumaya başlayınca bir kerede 32 bit veri sağlayabilen daha geniş SIMM'ler geliştirildi. Bu iki farklı SIMM türünü birbirinden ayırabilmenin en kolay yolu, pin ya da konnektörlerin sayısına bakmaktır. İlk SIMM'ler de 30 pin vardır. Daha sonra üretilen SIMM'ler de ise 72 pin bulunmaktadır. Bu yüzden 30-pin SIMM ve 72-pin SIMM şeklinde de adlandırılırlar.

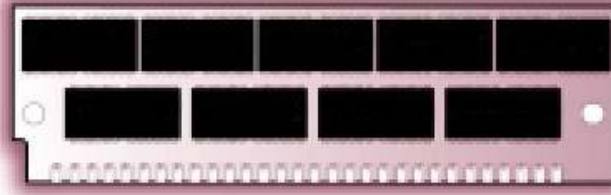


Şekil 2.4: Pin yapılarına göre SIMM'ler

30-pin SIMM ve 72-pin SIMM arasındaki bir diğer önemli fark da; 72-pin SIMM'in 30-pin SIMM'den 1,9 cm kadar uzundur ve pin'lerin olduğu kısımda plakanın ortasında bir çentik vardır. Aşağıdaki resimde iki farklı SIMM tipi görülmektedir.



(a)



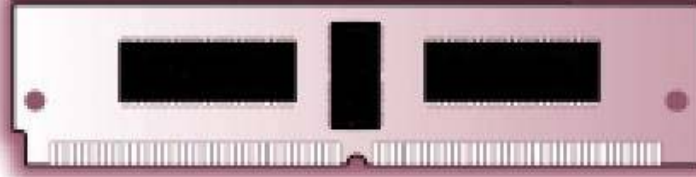
(b)

Şekil 2.5: (a) 72 pin SIMM (b) 30 pin SIMM

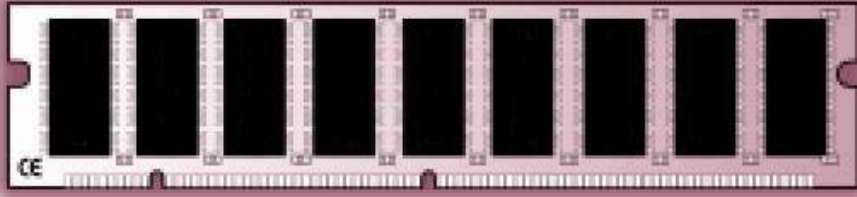
### 2.2.2. DIMM' ler (Dual In-line Memory Module)

DIMM, SIMM'e oldukça benzemektedir. Tıpkı SIMM'ler gibi birçok DIMM belleklerde yuvalarına dikey olarak yerleştirilir. İki bellek türü arasındaki temel fark: SIMM'de PCB'nin iki yüzündeki pinlerin elektrik temasını birlikte alması, DIMM'de ise PCB'nin iki yüzündeki pinlerin elektrik temasını ayrı ayrı almasıdır.

168-pin DIMM'ler, bir defada 64 bit veri aktarımı yaparlar ve genellikle 64-bit ya da geniş veri yolunu destekleyen sistemlerde kullanılırlar. 168-pin DIMM'ler ile 72-pin SIMM'ler arasında bazı fiziksel farklar şöyle sıralanabilir: Modül uzunluğu, modül üzerindeki çentik sayısı, modülün yuvaya takılma biçimi. Bir diğer önemli fark olarak da 72-pin SIMM'lerin yuvaya hafif bir açı ile yerleştirilmesi, buna karşın 168-pin DIMM'lerin bellek yuvasına tam olarak oturması ve ana kart yüzeyine göre tam dik konumda olmasıdır. Aşağıdaki resimde 168-pin DIMM ve 72-pin SIMM arasındaki fark gösterilmektedir.



(a)



(b)

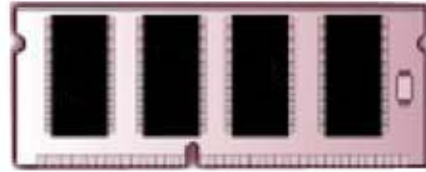
Şekil 2.6: (a) 72 pin SIMM (b) 168 pin DIMM

### 2.2.3.SODIMM' ler

Genellikle notebook bilgisayarlarda kullanılan bellek tipine Small Outline DIMM ya da kısaca SO DIMM adı verilir. DIMM ile SO DIMM arasındaki fark, adından da anlaşılacağı gibi SO DIMM'in notebook bilgisayarlarda kullanılacağı için standart DIMM'den daha küçük olmasıdır. 72-pin SO DIMM 32 bit'i ve 144-pin SO DIMM 64 bit'i destekler.



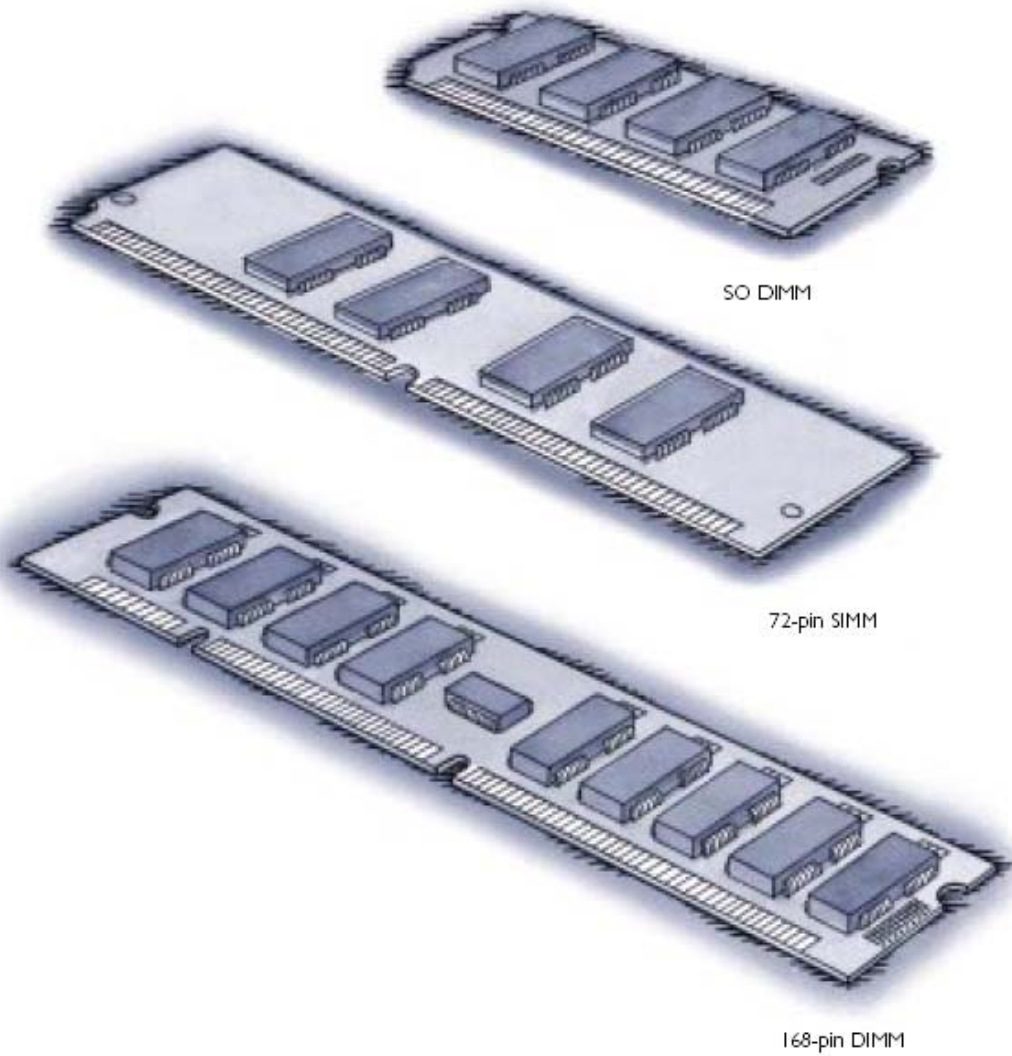
(a)



(b)

Şekil 2.7: (a) 72 pin SO DIMM (b) 144 pin SO DIMM



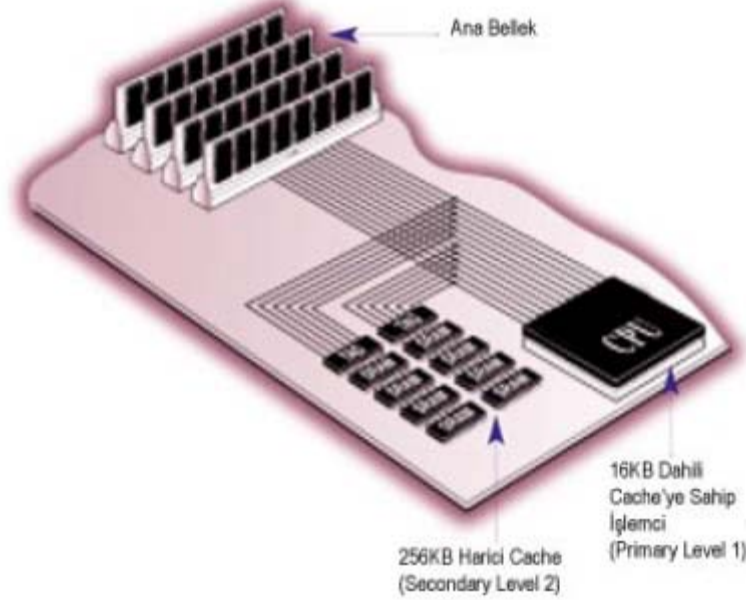


#### 2.2.4. Ön Bellek (CACHE MEMORY)

Ön bellek, işlemcinin hemen yanında bulunan ve ana belleğe oranla çok düşük kapasiteye (genellikle 1MB'dan az) sahip olan bir yapıdır. Cache bellek, işlemcinin sık kullandığı veri ve uygulamalara en hızlı biçimde ulaşmasını sağlamak üzere tasarlanmıştır. İşlemcinin ön belleğe erişmesi, ana belleğe erişmesine oranla çok kısa bir süredir. Eğer aranan bilgi, ön bellekte yoksa işlemci ana belleğe başvurur. Bunu şöyle açıklayabiliriz: Yiyecek bir şeyler almak için markete gitmeden önce buzdolabını kontrol edersiniz, eğer istediğiniz yiyecek dolapta varsa markete gitmezsiniz, yoksa bile olup olmadığını anlamak sizin bir anınızı alır.

Ön bellek kullanımında tüm programlar, bilgiler ve veriler için geçerli olan temel prensip "80/20" kuralıdır. %20 oranındaki hemen kullanılan veri ve işlem zamanının %80'ini kullanır. Bu %20'lik veri e-posta silmek ya da göndermek için şifre girme, sabit diske dosya

kaydetme ya da klavyede hangi tuşları kullanmakta olduğunuz gibi bilgileri içermektedir. Bunun tersi olarak geri kalan %80'lik veri de işlem zamanının %20'sini kullanır. Ön bellek sayesinde, işlemci tekrar tekrar yaptığı işlemler için zaman kaybetmez.



Şekil 2.8: Ön bellekler yerleşimi

Ön bellek, adeta işlemcinin "top 10" listesi gibi çalışır. Bellek kontrolörü, işlemciden gelen istemleri ön belleğe kaydeder. İşlemci her istemde bulunduğunda ön belleğe kaydedilir ve en fazla yapılan istem listenin en üstüne yerleşir. Buna "*cache hit*" adı verilir. Ön bellek dolduğunda ve işlemciden yeni istem geldiğinde sistem, uzun süredir kullanılmayan (listenin en altındaki) kaydı siler ve yeni istemi kaydeder. Böylece sürekli kullanılan işlemler, daima ön bellekte tutulur ve az kullanılan işlemler ön bellekten silinir.

Günümüzde birçok ön bellek işlemci yongası üzerine yerleştirilmiş olarak satılmaktadır. Bunun yanı sıra ön bellek, işlemci üzerinde ana kart üzerinde ve/veya anakart üzerinde işlemci yakınında bulunan, ön bellek modülünü barındıran ön bellek soketi hâlinde de bulunabilir. Ne şekilde yerleştirilmiş olursa olsun ön bellek, işlemciye yakınlığına göre farklı seviyeler ile adlandırılır. Örneğin, işlemciye en yakın ön bellek Level 1 (L1-Birincil Ön Bellek-Primary Cache), bir sonraki Level 2 (L2-İkincil Ön Bellek-Secondary Cache), sonraki L3 biçiminde adlandırılır. Bilgisayarlarda ön bellekler dışında da, ön belleğe alma işlemi yapılır.

Şimdi şunu merak ediyor olabilirsiniz, ön bellek madem bu kadar yararlı bir yapı, neden bütün belleklerde kullanılmıyor? Bunun bir tek sebebi var. Ön belleklerde SRAM bellek yongaları kullanılır. Bu yongalar hem çok pahalıdırlar hem de belleklerde şu anda kullanılan DRAM'e kıyaslandığında aynı hacimde daha az veri depolayabilmektedir. Ön bellek sistemin performansını artırır; ancak bu işlevi belli bir noktaya kadar sürdürebilir. Ön

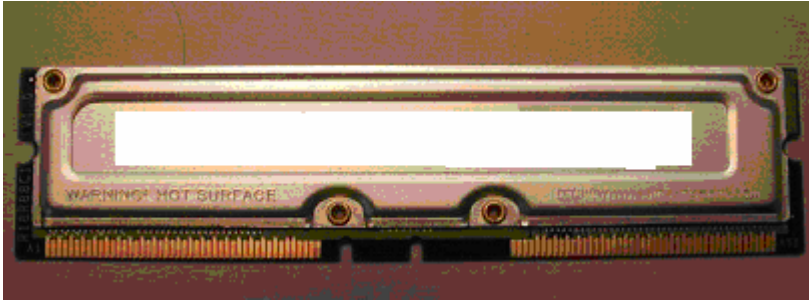
belleğin sisteme asıl faydası, sık yapılan işlemleri kaydetmektir. Daha yüksek kapasiteli önbellek, daha fazla veri depolayabilecektir; ancak sık kullanılan işlemlerin sayısı sınırlıdır. Yani belli bir seviyeden sonra önbelleğin geri kalan kapasitesi, arada sırada kullanılan işlemleri depolamak için kullanılır. Bunun da sisteme ve kullanıcıya hiçbir faydası olmaz.

### 2.2.5.Özel Boyutlular

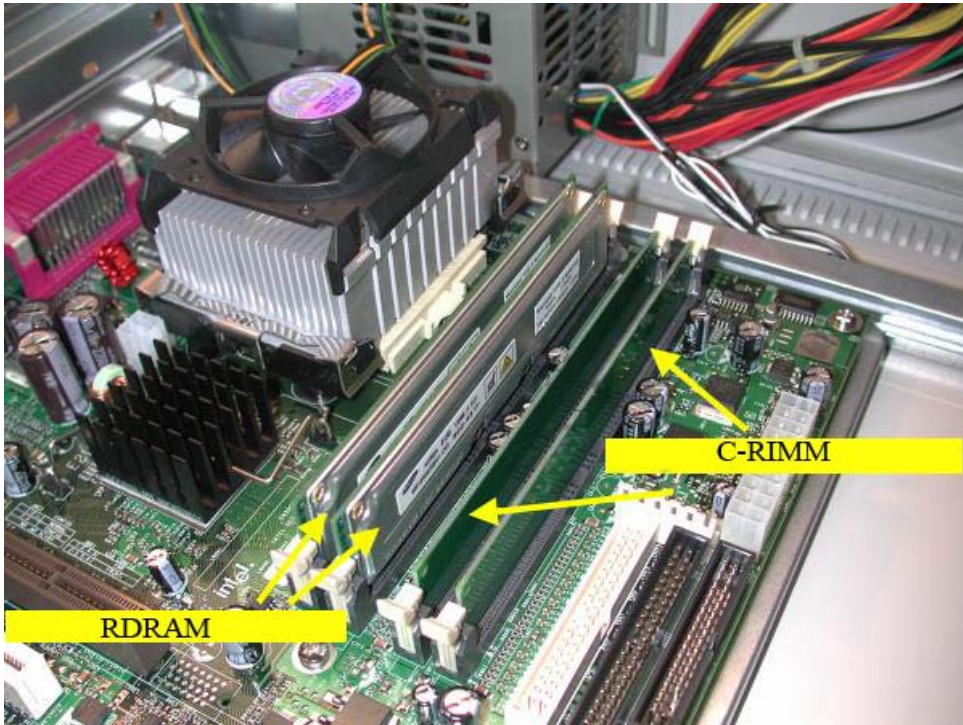
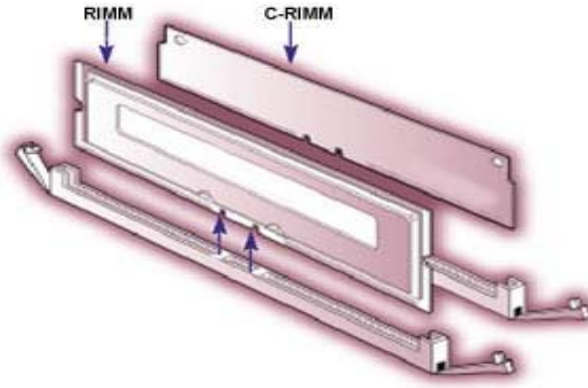
➤ **RIMM** işlemci üretici firmalar CPU'larının saat hızında GHz sınırını çoktan aşmıştır. Bu üreticilerden Intel yeni işlemcisini tasarlarken daha önceleri üzerinde oynayarak yeni işlemciler çıkardığı temel Pentium Pro çekirdeğini rafa kaldırmış, nerdeyse sıfırdan x86 çekirdeği geliştirmiştir. Yeni işlemci gelişirken GHz mertebesindeki CPU saat hızına RAM'lerin yetişmesinin imkânsız olduğunu görmüş ve RAM modül mimarisinde yenilik getirmenin yollarını aramıştır. Sonunda yeni işlemci ve Rambus belleğini geliştirmiştir. Bu yeni bellekler, yeni bir modül üzerine yerleştirilmiş ve adı RIMM olmuştur.

RIMM'ler DIMM'lere benzerler; ancak pin sayıları ve çentik yapıları farklıdır. RIMM'ler, verileri 16-bitlik paketler hâlinde aktarırlar. Hızlı erişim ve aktarım hızı nedeniyle modüller daha fazla ısınır. Modülün ve yongaların aşırı ısınmasını önlemek için RIMM modüllerinde modülün her iki yüzünü kaplayan "ısı dağıtıcısı" adı verilen alüminyum kılıf kullanılır.

- **SO-RIMM**, SO DIMM'e benzer; fakat Rambus teknolojisi kullanılarak üretilmiştir.
- **C-RIMM** RIMM sonlandırıcı olarak tanımlanabilir. RDRAM tabanlı sisteminizde bulunan RIMM slotlarına RDRAM'ları taktıktan sonra boş kalan slotlara C-RIMM modüllerini takmalısınız. Bu sayede, RDRAM sinyalleri sonlandırılacak ve sistemin çalışması için uygun bir ortam oluşmuş olacaktır. Eğer RIMM slotlarının hepsi dolu ise, C-RIMM modüllerine gerek kalmayacaktır. Eğer boşta RIMM modülleri var ise, C-RIMM modüllerini kullanmak zorundasınız.





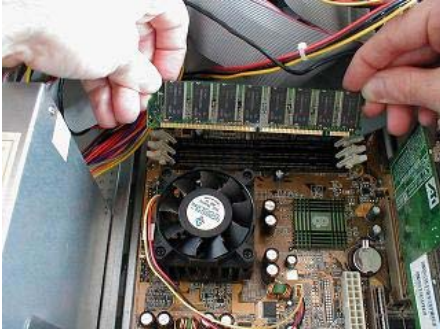
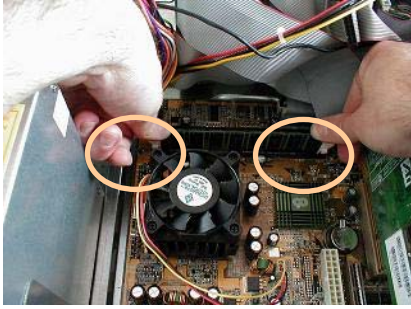
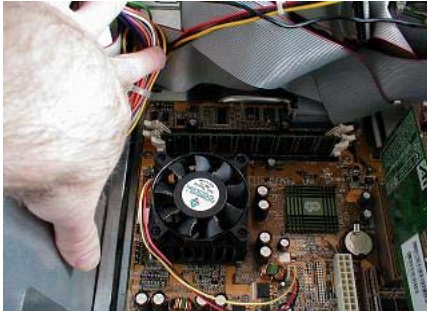
Resim 2.1: RIMM bellek



Şekil 2.9: RIMM ve C-RIMM bellek modüllerinin yerleştirilmesi



## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>1. Bellek modülü tırnaklarını açmak</p> 	<p>1. Statik elektrik yükünü üzerinden boşalttığını emin olunuz. Gerekirse ESD bileklik kullanınız.</p> 
<p>2. Modülü yuvaya yerleştirmek</p> 	<p>2. Modülü yuvaya hafif açılı olacak şekilde yerleştirin. Modülün yuvaya girdiğinden emin olunuz. Eğer modülü yuvaya sokmada sorun varsa, modülü ve yuvayı kontrol ediniz. Modüldeki çentiğin yuvadaki plastik hat ile aynı hizada olup olmadığını kontrol ediniz. Modülü yuvaya takarken fazla bastırmayınız. Eğer fazla güç kullanırsanız modül ve yuvanın bozulmasına sebep olabilirsiniz.</p>
<p>3. Slot tırnakları kapatmak</p>  	<p>3. Modülün yuvaya oturduğundan emin olduktan sonra modülü hafifçe yukarı çevirerek yuvanın iki yanındaki klipslerin "klik" sesi çıkararak kapanmasını sağlayınız.</p>

# MODÜL DEĞERLENDİRME

## PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki kriterlere göre değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
Bellekler		
A) Bellek çeşitlerini ve aralarındaki farkları öğrendiniz mi?		
B) Anakartınız için uygun belleği seçtiniz mi?		
C) Statik elektriğe karşı önlem aldınız mı?		
D) Belleğin yönünü doğru tesbit ettiniz mi?		
Bellek Montajı		
A) Bellek montajı için gerekli olan hususları öğrendiniz mi?		
B) Belleği takacağınız yuvanın mandalını açtınız mı?		
B) Belleği yuvaya taktınız mı?		
C) Mandallar bellekteki kısımlara yerleşti mi?		

## DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	B
4	C
5	B
6	B
7	C
8	A
9	D
10	C

Cevaplarınızı cevap anahtarları ile karşılaştırarak kendinizi değerlendiriniz.

## KAYNAKÇA

- Bilg. Öğrt. Emel KAÇAR, **Ders Notları**
- <http://www.bilgisayardershanesi.com/donanimdersbellek.htm>
- <http://www.bilgisayarogren.com/bellekler.htm>
- <http://idea.metu.edu.tr/program/btsp/freetrial/bsy/2hafta/ders/printhafta.html>
- [www.enformatik.kou.edu.tr/tr/dersnot/bellekler.ppt](http://www.enformatik.kou.edu.tr/tr/dersnot/bellekler.ppt)
- <http://user1.7host.com/mehmetadacik/bilgibir/bellek.asp>
- <http://www.dicle.edu.tr/~aipek/teknik/hardware/memory/Bellekler.htm>
- [http://www.turkcebilgi.com/Bellek%20\(Haf%C4%B1za\)](http://www.turkcebilgi.com/Bellek%20(Haf%C4%B1za))
- [http://enformatik.kou.edu.tr/tr/dersnot/bellekler.doc\(montaj\)](http://enformatik.kou.edu.tr/tr/dersnot/bellekler.doc(montaj))
- <http://www.bellek.gen.tr/guide3.php>
- <http://donanim.balikesir.edu.tr/~pcdonanim/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=33>
- <http://donanim.balikesir.edu.tr/~pcdonanim/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=31>
- <http://www.blogcu.com/dafcon/Bilgisayar/>
- [http://www.bilkoop.com/bellek\\_ram.htm](http://www.bilkoop.com/bellek_ram.htm)
- <http://www.geocities.com/seladam/bilgisayarnedirn.htm#ram>
- <http://www.turkengineers.com/metin.php?metin=36>
- [www.penta.com.tr/channels/1.asp?id=551](http://www.penta.com.tr/channels/1.asp?id=551)
- <http://www.turkengineers.com/metin.php?metin=36>
- <http://sct.emu.edu.tr/ilkan/ex/EET264/29>
- <http://www.pclabs.gen.tr/article.asp?doc=255&page=2>
- [http://www.geocities.com/web\\_elektronik/techno/bellek.html](http://www.geocities.com/web_elektronik/techno/bellek.html)
- <http://www.asnet.com.tr/files/pdfs/doc/BellekTerimleriSozlugu.pdf>
- <http://www.internetdergisi.com/index.php?Part=Article&id=20>
- <http://www.spymastersnake.org/forum/thread.php?threadid=2575>
- <http://dogukancanakkale.com/hardware1.asp>
- <http://www.bellek.gen.tr/rDRAM.php>
- <http://www.turkeyforum.com/satforum/archive/index.php/t-1253.html>