

HACETTEPE UNIVERSITY
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING



Name : Mehmet Taha

Surname : Usta

E~mail : b21527472@cs.hacettepe.edu.tr

Subject : What is an SSD(Solid-State Drive)

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

1. - Tanıtım.....	3
2. - SSD Mimarisi.....	3
2.1 - Giriş - Temel NAND Flaş Hücresi.....	4
3. - Flaş Controller.....	5
3.2 - SSD Denetleyici Mimarisi - Blok Diyagramı.....	6
4. - SSD Arayüzleri.....	8
5. - SAS and SATA.....	8
6. - PCI-Express.....	9
7. - Yüksek Hızlı Arayüz İhtiyacı.....	10
8. - Kaynakça.....	11

Solid State Drives (SSDs)

Teorik olarak Katı hal sürücüler (SSD'ler), kurum depolama performanslarını bir sonraki seviyeye taşımak için uygun faktör olarak kabul edilir. Gerçekten de, Sabit Disk Sürücülerinin (HDD) rotating-storage (dönen depolama) teknolojisi, yanıt süresinin kritik faktör olduğu uygulamaların gerektirdiği erişim zamanını başaramaz. Aksine, SSD'ler NAND Flash bellekleri gibi katı hal belleklerine dayanmaktadır; bu durumda, herhangi bir mekanik parça ve depolanmış verilere rastgele erişim çok daha hızlı olabilir. Ancak birçok uygulamada, ana işlemci ve sürücüler arasındaki arabirim, performans darboğazı olarak kalmaktadır. Bu nedenle SSD'nin arayüzü, SSD'nin ana işlemci ile doğrudan bağlantısını sağlayan SAS ve SATA gibi eski depolama arabirimlerinden PCIe'ya dönüşmüştür.

1. Tanıtım

Katı Hal Sürücüler (SSD'ler), kurumsal depolama performansını büyük ölçüde geliştirmeyi vaat eder. İstemci uygulamalarının, daha hızlı yanıt süreleri sunabilen, daha az güç harcayan ve daha küçük mobil form faktörlerine sığabilen elektromekanik disk sürücülerine bir alternatif ihtiyacı vardır.

Flash bellek tabanlı SSD'ler, verilere daha hızlı rastgele erişim ve daha hızlı aktarım oranları sunabilir. Dahası, SSD'nin veri depolama kapasitesi artık HDD'lerin yerini alabilecek noktada. Ancak birçok uygulamada, ana bilgisayar ve sürücüler arasındaki arabirim, performans darboğazı olarak kalmaktadır. PCI-Express (PCIe) SSD'ler, ana işlemci ile doğrudan bağlantılı olarak performansı daha da artıracak ve yanıt vermeyi artıracaktır.

2. SSD Mimarisi

Belleklere ve bir Flash denetleyicisine ek olarak, genellikle başka bileşenler de vardır. Örneğin, dahili güç kaynağını sürmek için harici bir DC-DC dönüştürücü eklenebilir veya daha iyi bir saat hassasiyeti için bir kuvars kullanılabilir. Tabi ki, güç kaynağının stabilize edilmesi için makul

filtre kapasitörler yerleştirilir. Güç yönetimi sebepleri için bir dizi sıcaklık sensörüne sahip olmak da çok yaygındır.

Veri önbellekleme için hızlı bir DDR bellek sıklıkla kullanılır: yazma erişimi sırasında, önbellek, Flaşa aktarılmadan önce verileri depolamak için kullanılır.

Faydası veri güncelleme olup, örn. yönlendirme tabloları daha hızlıdır ve Flaşı yıpratmaz. Tipik bir hafıza sistemi, birkaç NAND belleğinden oluşur. Tipik olarak, genellikle “kanal” olarak adlandırılan 8 bitlik bir veri yolu, farklı bellekleri denetleyiciye bağlamak için kullanılır (Şekil 1.1). Bir sistemdeki birden fazla Flash belleğinin hem depolama yoğunluğunu artırmaya hem de okuma / yazma performanslarına yönelik bir araç olduğunun altını çizmek önemlidir.

Bir kanaldaki işlemler aralıklı olabilir, yani birincisi hala meşgulken ikinci bir çipin ele alınabileceği anlamına gelir. Bu şekilde, veri yükleme aşaması boru hattı ile kanal kullanımı maksimuma çıkarılır.

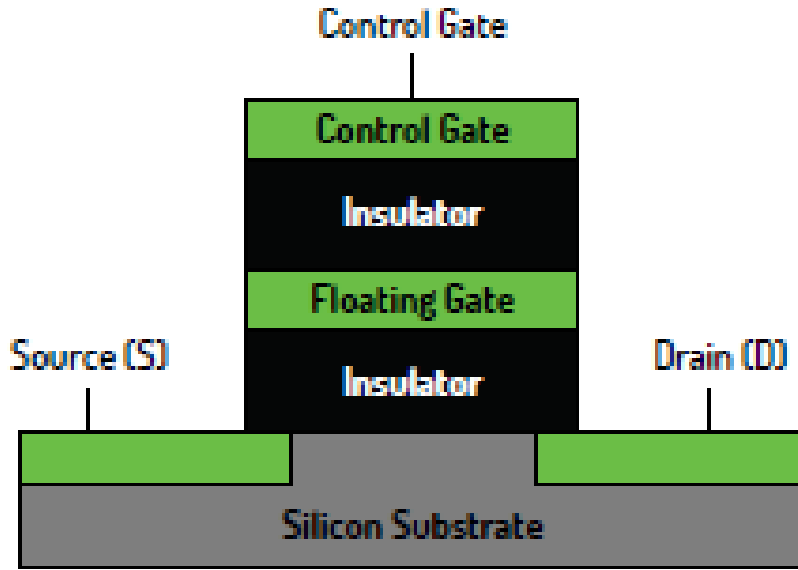
Aslında, program işlemi bir bellek yongası içinde gerçekleşirken, ilgili Flash kanalı serbesttir. Toplam Flash kanalı sayısı, hedef uygulamanın bir fonksiyonudur, ancak onlarca kanal oldukça yaygın hale gelmektedir. Aynı Flaş programlama süresi göz önüne alındığında, dönüşümlü-çalıştırma(interleaving) sayesinde SSD’nin verimi büyük ölçüde artıyor.

Bellek denetleyicileri, bellek kanallarına erişimi zamanlamaktan sorumludur. Denetleyici, Flash ile düşük seviyeli iletişim protokolü için özel motorlar kullanır.

2.1 - Giriş - Temel NAND Flaş Hücresi

Tek bir veriyi bir katı hal sürücüde saklamak için, en küçük yapı bloğuna ihtiyacınız vardır - tek bir NAND flaş hücresi. En basit NAND hücresi, 0 veya 1 durumuna ayarlanabilir. Güç kaldırıldıktan sonra bile bu durumu saklamaya devam edecektir.

NAND Hücresi neye benziyor?



Basit bir NAND Flaş Cell diyagramı yukarıda gösterilmiştir. NAND flaş hücresi **floating gate** transistöründen yapılmıştır. Elektrik yükü, yukarı ve aşağısında oksit yalıtım tabakaları ile izole edilen **floating gate** üzerinde depolanır. **floating gate** şarj edildiğinde en basit haliyle, programlanmış ve ikilik tabanda 0 olarak tanımlanır. **floating gate** şarjı olmadığı zaman, silinir ve ikilik tabandaki 1 değeri kabul edilir.

3. Flaş Denetleyicisi

Bir bellek denetleyicisinin iki temel görevi vardır:

1. hem ana bilgisayara hem de Flaş belleğine en uygun arabirimi ve protokolü sağlamak;
2. Verilerin verimli bir şekilde ele alınması, aktarım hızının en üst düzeye çıkarılması, veri bütünlüğü ve saklanan bilgilerin saklanması.

Bu tür görevlerin yerine getirilmesi için, zaman-kritik görevleri ele almak üzere özel bir donanımla birlikte standart bir işlemci (genellikle 8–16 bit) yerleştirilerek uygulamaya özel bir aygıt tasarlanmıştır.

Ana bilgisayardan Flaş'a geçerken, ilk kısım, gerekli endüstri standardı protokolünü (PCIe, SAS, SATA, vb.) Uygulayan ana bilgisayar arabirimidir. Böylece SSD'ler ve ana bilgisayarlar arasında hem mantıksal hem de elektrik birlikte çalışabilirlik sağlar. Bu blok, ana makine tarafından çağrılan

komut dizisini çözen ve Flash belleklerine veri akışını işleyen bir donanım (arabellek, sürücü, vb.) Ve ürün yazılımı karışımıdır.

İkinci kısım Flaş Dosya Sistemi (Flash File System) : yani SSD'lerin manyetik diskler gibi kullanılmasını sağlayan dosya sistemi.

FFS genellikle denetleyicinin içindeki yerleşik yazılım biçiminde gerçekleştirilir; her alt katman belirli bir işlevi yerine getirir. Ana fonksiyonlar şunlardır: Aşınma dengeleme yönetimi, Çöp Toplama ve Kötü Blok Yönetimi.

3.1 - SSD Denetleyici Mimarisi

Ana Bilgisayar Arabirimi

Bir denetleyicinin ana arabirimi tipik olarak bir endüstri standardı arabirim belirtimine göre tasarlanmıştır. Farklı sistem ve tasarım gereksinimlerini ele almak için çeşitli arayüzler vardır. En popüler SATA, SD, USB, PATA / IDE ve PCIe.

SMART (Kendi Kendini İzleme, Analiz ve Raporlama Teknolojisi)

Bazı denetleyicilerde bulunan SMART işlevi, SSD'nin ve belleğin birçok niteliğine ilişkin verileri izler ve kaydeder. Bunun bir örneği, SSD'de kalan dayanıklılık döngüleri yüzdesini izleme yeteneğidir çünkü bu kalan yaşamın önemli bir belirleyici faktörüdür.

Aşınma Seviyelendirme

Aşınma Seviyelendirme, mevcut NAND boyunca yazım döngülerinin sayısını bile çıkarma yeteneğidir. Her bir NAND bloğu sınırlı sayıda silme / yazma döngüsüne sahip olduğundan, sadece bir fiziksel blok sürekli yazılırsa, dayanıklılık döngülerinden hızlı bir şekilde tükenecektir. Bir denetleyicinin Aşınma Seviyelendirme algoritması, yazılanları farklı fiziksel NAND bloklarına izler ve dağıtır.

Okuma ve Program Rahatsızlığı

NAND flaşının daha ince ve ince iz genişlikleriyle, NAND hücrelerinin veri içeriğini korumak daha fazla sorun ortaya çıkar. Okuma ve Program Rahatsızlığı, hücreler okunduğunda veya yazıldığında, bitişik hücrelere çapraz bağlanmaya ve bazen de değerlerini değiştirerek meydana gelir.

Denetleyiciler, algoritmalarla ihtiyaç duyarlar ve bazı durumlarda bu olguyu telafi etmek için devrelere ihtiyaç duyarlar.

Şifrele ve Şifresini Çöz

Daha yüksek güvenlik uygulamaları için genellikle bir donanım şifreleme ve şifre çözme motoru, kontrolörün silikonuna yerleştirilir. Şifreleme motoru tipik olarak, anında şifreleme / şifresini çözme hızını sağlamak için donanımda uygulanır. Günümüzde SSD'ler için en popüler şifreleme yöntemi AES256'dır.

Tampon / Önbellek

Denetleyiciler genellikle SSD'nin okuma ve / veya yazma verilerini tamponlamak için kullanılan yüksek hızlı bir SRAM / DRAM önbellek tamponuna sahiptir. Bu önbellek, geçici bellek kullandığı için, güç beklenmedik bir şekilde kaldırılırsa, veri kaybına neden olur. Denetleyici yongasının kendi iç önbelleklerinin yanı sıra harici RAM önbellek çiplerini de görmek normaldir.

CPU / RISC İşlemci

Her SSD'nin kalbi ana işlem çekirdeğidir. CPU / RISC işlemcisinin boyutu ve performansı, denetleyicinin ne kadar yetenekli olabileceğini belirler.

ECC Motoru

Hata Denetleme ve Düzeltme, bugünün SSD'sinin önemli bir parçasıdır. ECC, veri bloğu başına belirli sayıda bite kadar düzeltecektir. ECC olmadan, çok ucuz bellek kullanan düşük maliyetli tüketici flaş kartlarının çoğu mümkün olmazdı.

Durdur – Yaz(Write Abort)

Durdur Yaz, SSD'nin NAND flaşına yazma sırasında ne zaman kaybolduğudur. Pil veya SuperCap destekli önbellek olmadan, aktarımdaki bu veri kaybolur. Bunun daha önemli yönü, SSD'nin dahili meta verilerinin ve ürün yazılımının bozulmamasını sağlamaktır. Bu, Endüstriyel Sınıf ürünlerinde bulunan Yazma Durdurma devresinin işlevidir.

Çeşitli G / Ç (I / O)

NAND bileşenleri için çip seçme pimleri gibi basit işlevler birkaç giriş / çıkış pini ile işlenir. İlk programlama ve üretim için gerekli bir dizi I/O işlevi vardır.

NAND Bellek Arayüzü

NAND bellek arayüzü, NAND bankaları ve kanalları hakkındaki önceki makalede ele alınmıştır. Denetleyicilere bağlı olarak, 10 veya daha fazla tek bir NAND kanalı olabilir. Her kanal bir veya daha fazla NAND çipine sahip olabilir.

Hata Yönetimi

Her denetleyicinin, kötü bellek blokları ve yeni kusurlarla uğraşmak için bir yöntem ihtiyacı vardır. Bu noktada, bir NAND bloğu kullanılamaz hale geldiğinde, SSD kontrol cihazının parçası üzerinde bazı eylemler gerçekleşmelidir. Bazı durumlarda, yedek bir sektör başarısız bloğun yerini alır. Kötü bir denetleyici tasarımında SSD başarısız olur. Her denetleyici, kusurlarla başa çıkma yöntemine sahiptir.

4. SSD Arayüzleri

SSD'leri sunucuya ve / veya depolama altyapısına bağlamak için kullanılan 3 ana arayüz protokolü vardır: Seri Bağlı SCSI (SAS), Seri ATA (SATA) ve PCI-Express. PCI-Express tabanlı SSD'ler, en yüksek performansı sunar ve çoğunlukla sunucu tabanlı dağıtımlarda, sunucunun içinde bir eklenti kart olarak kullanılır.

SAS SSD'ler oldukça iyi düzeyde performans sunar ve hem üst düzey sunucularda hem de orta ve üst düzey depolama kasalarında kullanılır. SATA tabanlı SSD'ler çoğunlukla istemci uygulamalarında ve giriş seviyesi ve orta sınıf sunucu ve depolama kasalarında kullanılır.

5. SAS and SATA

SAS ve SATA arasındaki benzerlikler şunlardır:

- Her iki tip de SAS arka paneline takılır;
- Sürücüler bir SAS sürücü bölmesi modülünde değiştirilebilir;
- Her ikisi de dünya çapında kabul görmüş uzun süredir kanıtlanmış

teknolojilerdir;

- Her ikisi de noktadan noktaya(point-to-point) mimarisini kullanır;
- Her ikisi de takılabilir.

SAS ve SATA arasındaki farklar şunlardır:

- SATA cihazları daha ucuzdur;
- SATA cihazları, ATA komut setini, SAS'ı SCSI komut setini kullanır;
- SAS sürücülerinde çift bağlantı noktası kapasitesi ve daha düşük gecikmeler vardır;
- Her iki tip de SAS arka paneline takılıyken, bir SATA arka paneli SAS sürücülerini barındıramaz;
- SAS sürücülerini çok daha katı özelliklere karşı test edilir;
- SAS sürücülerini daha hızlıdır ve değişken sektör boyutu, LED göstergeleri, çift bağlantı noktası ve veri bütünlüğü gibi ek özellikler sunar;
- SAS bağlantı kümelemeyi (geniş bağlantı noktası) destekler.

6. PCI-Express

PCI-Express (Peripheral Component Interconnect Express) veya PCIe, PCI ve PCI-X'in yerini alan bir veriyolu standardıdır. PCI-SIG (PCI Special Interest Group) PCIe tanımını oluşturur ve sürdürür.

Paylaşılan paralel veri yolu mimarisini kullanan eski PCI veri yolu topolojisinin aksine, PCIe, her aygıtı kök kompleksine (ana bilgisayar) bağlayan ayrı seri bağlantılarla noktadan noktaya topolojiye dayanır. Ayrıca, bir PCIe bağlantısı iki uç nokta arasında tam çift yönlü iletişimi destekler. Veri aynı anda yukarı yönde (UP) ve aşağı yönde (DP) akabilir. Bu özel tek yönlü seri noktadan noktaya bağlantıların her bir çiftine bir şerit denir. PCIe'nin diğer önemli özellikleri arasında güç yönetimi, çalışırken değiştirilebilir cihazlar ve eşler arası veri aktarımlarını işleme yeteneği (ana bilgisayar üzerinden yönlendirmeden iki uç nokta arasında veri gönderme) bulunur.

Buna ek olarak, PCIe, paralel veriyolu mimarilerine göre kablo sayısını önemli ölçüde azaltan bir seri teknolojiye yararlanarak pano tasarımını basitleştirir.

PCIe, bir işlem katmanı, bir veri bağlantı katmanı ve bir fiziksel katmandan oluşan paket tabanlı katmanlı bir protokol kullanır. İşlem katmanı, verilerin ve durum mesajı trafiğinin paketlenmesini ve paketten çıkartmasını(de-packetizing) sağlar. Veri bağlantı katmanı, bu İşlem Katmanı Paketlerini (TLP'ler) diziler ve iki uç nokta arasında güvenilir bir şekilde teslim edilmelerini sağlar. Bir verici cihaz bir uzak alıcı cihaza bir TLP gönderir ve bir CRC hatası tespit edilirse, verici cihaz bir bildirim alır. Verici cihaz TLP'yi otomatik olarak tekrar eder. Hata kontrolü ve arızalı paketlerin otomatik tekrarlanması ile PCIe çok düşük Bit Hata Oranı (Bit Error Rate) sağlar.

Fiziksel Katman iki bölümden oluşmaktadır: Mantıksal Fiziksel Katman ve Elektriksel Fiziksel Katman.

Mantıksal Fiziksel Katman: Link üzerinde iletim yapmadan önce paketlerin işlenmesi için mantık kapılarını ve Bağlantıdan Veri Bağlantısı Katmanına giden paketleri işlemektedir.

Elektriksel Fiziksel Katman: Fiziksel Katman'ın analog arabirimidir: her şerit için farklı sürücü ve alıcılardan oluşur.

7. Yüksek Hızlı Arayüz İhtiyacı

Üçüncü nesil SATA ve SAS 600 Mbyte / s verimini destekler ve bu arabirimlere dayalı sürücüler, kurumsal sistemlerde zaten kullanım bulmuşlardır. Bu veri hızları en hızlı elektromekanik sürücüleri desteklerken, yeni NAND Flash mimarileri ve çoklu kalıplı Flash paketleme, SATA ve SAS arabirimlerinin çıktı kapasitesini aşan toplu Flash bant genişliği sağlar. Kısacası, SSD performans darboğazı depolama ortamından ana bilgisayar arayüzüne kaymıştır. Bu nedenle, birçok uygulamanın Flash depolamadan tam olarak yararlanmak için daha hızlı bir ana bilgisayar bağlantısı gerekir.

PCIe ana bilgisayar arayüzü, bu depolama performansı darboğazının üstesinden gelebilir ve SSD'yi doğrudan PCIe ana bilgisayar veriyoluna bağlayarak benzersiz bir performans sunar. Basitçe söylemek gerekirse, PCIe istenen depolama bant genişliğini karşılar. Ayrıca, doğrudan PCIe bağlantısı sistem gücünü azaltabilir ve eski depolama altyapısına atfedilen gecikmeyi kesebilir.

Açıkçası, PCIe gibi bir arabirim çok kanallı bir Flash depolama alt sisteminin bant genişliğini ele alabilir ve ek performans avantajları sunabilir. Disk arabirimi kullanan SSD'ler, disk I / O işlemlerini gerçekleştiren bir depolama denetleyicisi IC tarafından eklenmiş gecikme de yaşar. PCIe cihazları doğrudan ana veri yoluna bağlanır, böylece eski depolama altyapısı ile ilişkili mimari katman ortadan kaldırılır.

PCIe'yi bir depolama ara bağlantısı olarak kullanmanın yararları açıktır. SATA veya SAS'a kıyasla 6 kattan fazla veri çıkışı elde edebilirsiniz. SATA ve SAS arayüzlerinde ana bilgisayar veri yolu adaptörleri ve SerDes IC'leri gibi bileşenleri ortadan kaldırabilirsiniz; sistem düzeyinde para ve güç tasarrufu sağlar ve PCIe depolamayı ana CPU'ya yaklaştırır ve gecikmeyi azaltır.

8. Kaynakça

1. G. Campardo, R. Micheloni, D. Novosel, "VLSI-Design of Non-Volatile Memories", SpringerVerlag, 2005.
2. <https://tr.scribd.com/document/264622256/SSD-ARCHITECTURE>
3. <https://mytxt.xyz/solid-state-drives-ssds-modeling-simulation-tools-strategies/>
4. <https://www.cactus-tech.com/files/cactus-tech.com/documents/ebooks/Solid%20State%20Drives%20101%20EBook.pdf>
5. <https://www.enpedi.com/2012/08/ssd-solid-state-drive-hakknda-hersey-ii.html>
6. <http://www.ssd labs.net/ssd-rehberi/ince-ayrintilari-ile-ssd-arayuzleri/>
7. <https://www.extremetech.com/extreme/210492-extremetech-explains-how-do-ssds-work>
8. <https://tr.scribd.com/document/264622256/SSD-ARCHITECTURE#logout>
9. https://books.google.com.tr/books?id=vaq11vKwo_kC&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
10. <http://www.wiki-zero.co/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2k vU29saWQtc3RhdGVfZHIpd mU>
11. <http://codecapsule.com/2014/02/12/coding-for-ssds-part-2-architecture-of-an-ssd-and-benchmarking/>