

# NOR ÉS NAND FLASH MEMÓRIÁK

## FLASH ALAPOK

A flash memória az EEPROM memóriák családjába tartozik, olyan típusú memória, ami akkor is képes megőrizni a tárolt adatot, ha az energiaellátása megszűnik. A flash cella ugyanolyan elvek szerint programozható fel és olvasható ki, mint az EPROM memóriák, a legfontosabb különbség közöttük a törlés. A flash cellatartalmát a felprogramozásra használt feszültségkülönbség előjelének a megfordításával törlik.

A lapkán a tárolócellák mellett különböző segédáramkörök is vannak. Az egyik ilyen, a feszültségkonverter arra kell, hogy a flash memóriát alkalmazó eszközök tápfeszültségéből előállítsa a cella működéséhez szükséges többféle nagyságú feszültséget. A lapkákon további, típustól és gyártótól függő vezérlőelektronika is van. Az információtároláshoz annyi kell, hogy fennmaradjon az összegyűlt elektronok alkotta csatorna, vagy hogy az elmenekült elektronok ne szállingózzanak vissza a feszültség megszűnése után. Helyhez nem köthetjük őket, mert az áramvezetéshez szabad elektronok kellene. Inkább valamilyen tetszés szerint ki- és bekapcsolható csalira vagy riasztóra van szükség. A megoldás a lebegőkapu (floating gate): ez a vezérlő kapu és a félvezető közé illeszkedik, és onnan kapta a nevét, hogy szigetelő szilíciumoxid veszi körül, egyik vezetőrétellel sincs tehát közvetlen kapcsolatban. Egy-egy ilyen flash-tranzisztor vagy -cella alapvetően 1 bitet tárol, bár a később bemutatott MLC technológia segítségével 2, 3 bit tárolása is lehetővé válik cellánként.

Íráskor, azaz a cella felprogramozásakor a forrást földpotenciálra kötik, a nyelőt és a vezérlőkaput pedig pozitív potenciálra. A nyelő és a forrás között 6 volt körüli a feszültségkülönbség; ez nem sok, de a térerősség mégis nagy lesz, mert a két sziget közötti távolság, az úgynevezett csatornahossz mindössze 0,3 mikrométer. Az elektronok egy része a csatornán végighaladva a nyelőbe érkezik, más részük a szilícium kristályrácsba ütközve eltér az eredeti iránytól. Erre készíteti őket a nyelő feszültségénél lényegesen nagyobb vezérlőkapu-feszültség is. A felgyorsulással elegendő energiát szereznek ahhoz, hogy átjussanak a lebegőkapu és a félvezető közötti, 10 nanométer vastag szigetelő oxidrétegen. A lebegőkapu azonban nincs kontaktusban a vezérlőelektróddal, ilyenformán az ide bejutott elektronok zsákutcába kerülnek. S ahhoz már nincs elég energiájuk, hogy kikapcsolás után visszafelé is átjussanak a szigetelőrétegen. A cellában tárolt információt ezek az itt ragadt elektronok őrzik.

Törléskor a vezérlőkapura az elektronokat taszító negatív, a forráselektrodra pedig vonzó, pozitív potenciált kapcsolnak, ezzel készítetik őket a lebegőkapu elhagyására. Törlés után az alaphelyzethez képest elektronhiányos lesz a lebegőkapu. A flash technológia viszonylag bonyolult ugyan, de a DRAM vagy SRAM memóriákkal összehasonlítva jól kihasználja a szilíciumfelületet: 1 bit tárolásához elég egy tranzisztor - a SRAM ugyanezt hat tranzisztorral (vagy négy tranzisztorral és két ellenállással) teszi, a DRAM egy tranzisztorral és egy kondenzátorral, az elektronikusan törölhető EEPROM pedig két tranzisztorral.

# NOR ÉS NAND

A NOR-memóriát az adatleképezés módjáról nevezték el (NOR - Not OR): ez gyors, soros technológia. Gyors, véletlenszerű elérést enged, a memória bármelyik pontjára lehet írni, s onnan olvasni. Erről a fajta memóriáról egy-egy bájt is kiolvasható; a NAND-del ez nem megy. Ott is használják, ahol erre van szükség: hol innen, hol onnan kell olvasni a memóriából, tehát firmware-ekben, stb. A NAND-memória későbbi fejlesztés, s ezt is a működésmódjáról nevezték el (NAND - Not AND). Igen gyorsan, sorban olvassa az adatokat, s a memóriát kisebb blokkokban, lapokban kezeli. Ezek a lapok sokkal kisebbek, mint a teljes memória, de a bájtnál sokszorta nagyobbak. NAND-memóriát olyan eszközökben célszerű használni, amelyeknek nagy mennyiségű adatot kell olvasniuk, és pedig folyamatosan, mondjuk, egy memóriával felszerelt lemezegységben vagy egy MP3-lejátszóban - annak folyamatosan kell olvasnia a zenét, nincs szükség bájtonkénti elérésre. Ugyanez áll a digitális fényképezőgépekre is: egy képet jól ki lehet írni vagy olvasni alaponként, soros eléréssel. A NAND-memória olcsóbb is, és ugyanakkora felületen (lapkán) nagyobb lehet a memóriakapacitása. (1.ábra) Hagyományosan a NOR-memóriák legnagyobb gyártója az Intel, míg a NAND-memóriáké a Samsung.

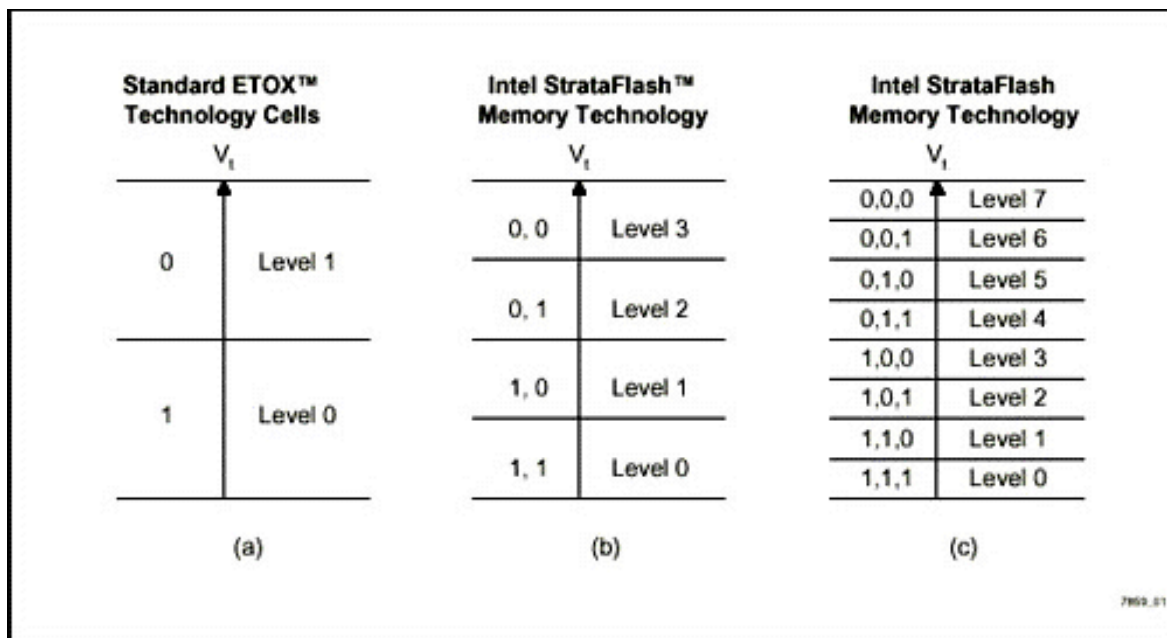
	NOR (typical, varies a lot)	NAND
Density	Up to 32MB chips	Currently 256MB and growing.
Cost per MB	\$1 - \$2	\$0.25 (approx.)
Access	Random	Page oriented with spare area on each page. Sequential access within a page.
Programmability	Can modify a single bit.	Very limited re-programming.
Read speed	50-100 nS	10 uS page 'seek' + 50 nS per byte
Program time	5 uS per byte	200 uS per page
Erasure time	1 S per 64KB block	2 mS per 16KB block
Reliability	Relatively immune to corruption. No bad blocks.	Needs error correction. Bad blocks marked when shipped.

1.ábra

## NOR-flash memória

A tipikus NOR-flash memóriacella (Standard ETOX™ Technology Cells) egy cellában egy bitnyi adatot tárol. Mindegyik cellát jellemzi egy adott feszültségszint. Elektromos töltést minden cellánál egy lebegőpontos kapu tárol. Mindegyik cellán vagy tranzisztoron belül kétféle feszültségszint létezik. (2./a. ábra)

Az Intel StrataFlash™ memória technológiája jelentősen megnövelte a területenkénti bitek számát, ezért jelentősen csökkent az ár per megabájt hányados. Itt a több feszültségszint használatával elérték, hogy egy cella akár 3 bit tárolására is alkalmas legyen, az egyes feszültségszintek és bitminták kölcsönösen egyértelmű megfeleltetésével. Ezt sokszintű cella technológiának (MLC) nevezik (2./b.,c. ábra)

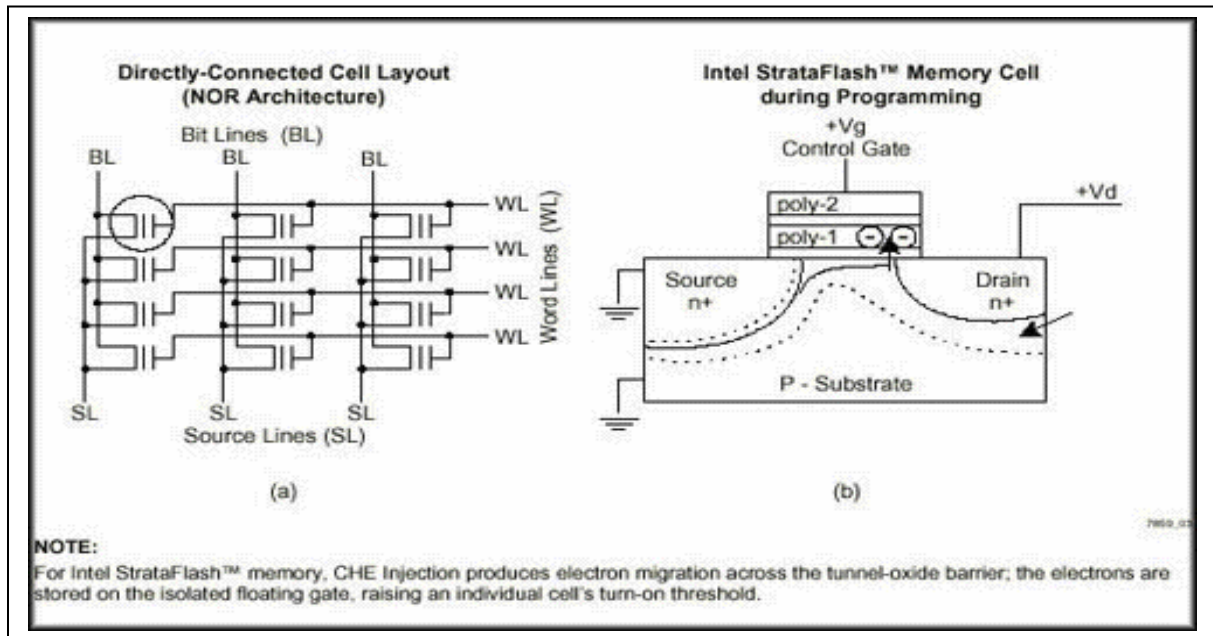


2. ábra

### Programozás

Az Intel StrataFlash memóriánál fontos a pontos, precíz cellafeltöltés. Az Intel StrataFlash memóriavezérlőnek muszáj a precíz cellafeltöltésről, a precíz feszültségérzékelésről és a töltés megőrzéséről gondoskodni az adatvesztés elkerülésének érdekében. Ez a követelmény található a NOR architektúrával. Direkt kapcsolatban van a kapu, forrás és a nyelő mindegyik memóriacellával. A programozás alatt megfelelő töltésnek kell lennie a lebegőkapunál. Analóg feszültség kerül mindegyik cellára és ez szétoszlik a többszörös  $V_t$  szintek között. Ezt a fajta töltésbefecskendezést Channel Hot-Electron-nak (CHE) is nevezik (3. ábra). A programozás alatt minden cellában a direkt föld, bitvonal és szóvonal csatlakozások engedélyezik a pontos töltés elhelyezést. A cellák ellenőrző kapuja kapcsolatban van a belül előállított feszültséggel, és közvetlenül irányítja a szóvonal csatlakozást és a sordekódolást. A nyelő impulzust rak a konstans feszültségbe, és ezzel jön létre a bitvonal csatlakozás és az oszlopdekódolás. A forrás pedig azonnal csatlakozik a

földhöz. A feszültség és a kontroll kapuban lévő kapacitás összekapcsolódik a lebegő kapuban lévővel és ezáltal a dielektrikum megváltozik. A nyelő magához vonzza az elektront. A programozás végrehajtása alatt gyorsított elektronok kerülnek a csatornára, ahol végül elegendő energiájuk lesz legyőzni a lehetséges akadályokat és beépülni az oxidba. Minthogy a nyelő feszültség megnő, ez növeli a csatorna elektromos sodrását, amely megnöveli a kinetikus energiát.



3.ábra

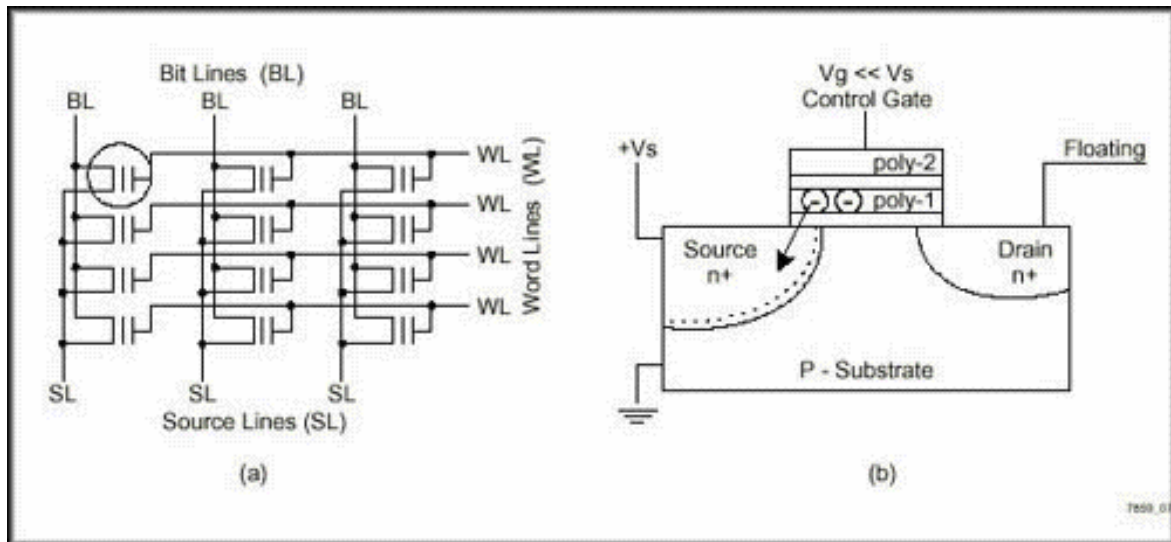
Az elektronok tárolódnak a lebegőkapuban. Ez a potenciál eredményezi a magas bekapcsolási küszöbfeszültséget ( $V_t$ ) a tranzistorban (memóriacellában). A chip-ben memória programozói algoritmust valósítottak meg, aminek a neve író állapot gép (WSM). Amikor a programozás véget ért a WSM frissíti a státuszbitet (STS) és az eszköz belső státusz regisztereit.

### Olvasás

Adatolvasás közben a töltésérzékelés nagyon fontos. Az olvasási sebesség összehasonlítható az egy bit per cella technológiával. Az adatolvasás műveleténél a négyszintű memória csökkenti az olvasási feszültség mértékét és növeli az olvasás sebességét. A referencia cellák előfeszítései arányosak a kiolvasandó cella  $V_t$ -jével. Az olvasási feszültség az ellenőrző kapuba kerül, a forrás a földre és a nyelőnél előfeszítést alkalmaznak.

### Törlés

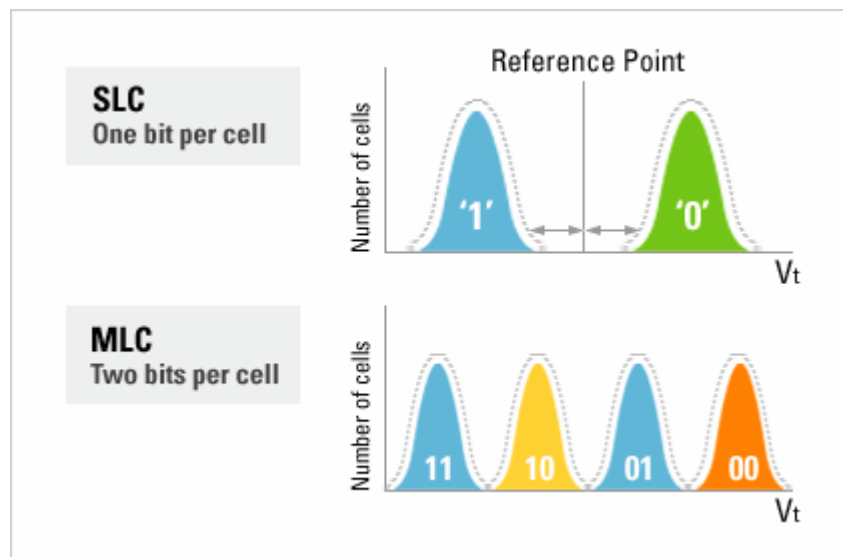
A törlési folyamatnál a nagy elektromos téren keresztül az oxid rétegből kiszakad az elektron. Minden memóriacella a 0 szintet kapja, azaz 11 értéket vesz fel. A törlés folyamán a pozitív feszültség lesz az adatút az összes forrás csatlakozásán. Az ellenőrző kapu kapcsolódik a negatív feszültségre, a nyelő pedig törli a töltést (4. ábra).



4.ábra

## NAND-flash memória

Itt is létezik egy- illetve többszintű megoldás (SLC, MLC) (5. ábra)



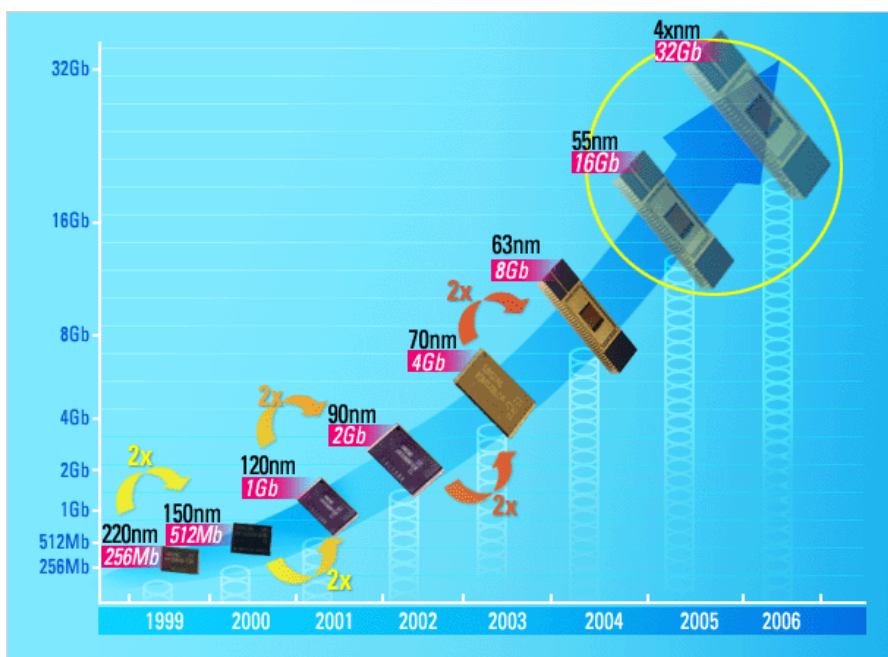
5. ábra

Az egyszintű megoldás gyorsabb és energiatakarékosabb, valamint tartósabb is, nem véletlenül preferálja a Samsung ezt a típust. Mivel a NAND-flash memória sokkal kisebb helyigényű, mint a NOR-flash, itt nem szempont, hogy még kisebb méretet érjenek el az MLC architektúrával. (6. ábra)

Item	SLC	MLC
Voltage	3.3V / 1.8V	3.3V
Technology / Chip Size	0.12um	0.16um
Page Size / Block Size	2KB / 128KB	512B / 32KB or 2KB / 256KB
Access Time (Max.)	25us	70us
Page Program Time (Typ.)	250us	1.2ms
Partial Program	Yes	No
Endurance	100K	10K
Write Data Rate	8MB/s+	1.5MB/s

6.ábra

Az ilyen típusú memóriák legnagyobb gyártói közé tartozik még a Toshiba és a SanDisk is, akik néhány hónap lemaradással tudják hozni - MLC architektúrával - a Samsung eredményeit. A Samsung egy olyan új NAND-Flash lapkát mutatott be 2005 szeptemberben, amellyel lehetőség nyílik akár 32 GB-os memóriakártyák gyártására, jelentősen kibővítve az ilyen eszközöket használó készülékek tárolókapacitását. Az 50 nm-es technológiával készülő, 16 gigabites chip 2006 második felében kerül forgalomba. 16 darab lapka összekapcsolásával elméletileg akár 32 GB-os kártyák kialakítása is lehetséges. Egy ilyen flashkártyán 8 ezer mp3 zeneszám, 20 DVD minőségű mozifilm is elfér, ami már méltó konkurencia lehet a hordozható készülékek némelyikében használatos kisméretű merevlemezek számára. A NAND-flash memóriák adatsűrűségének növekedése átlagosan 12 havonta megduplázódik. (7.ábra)

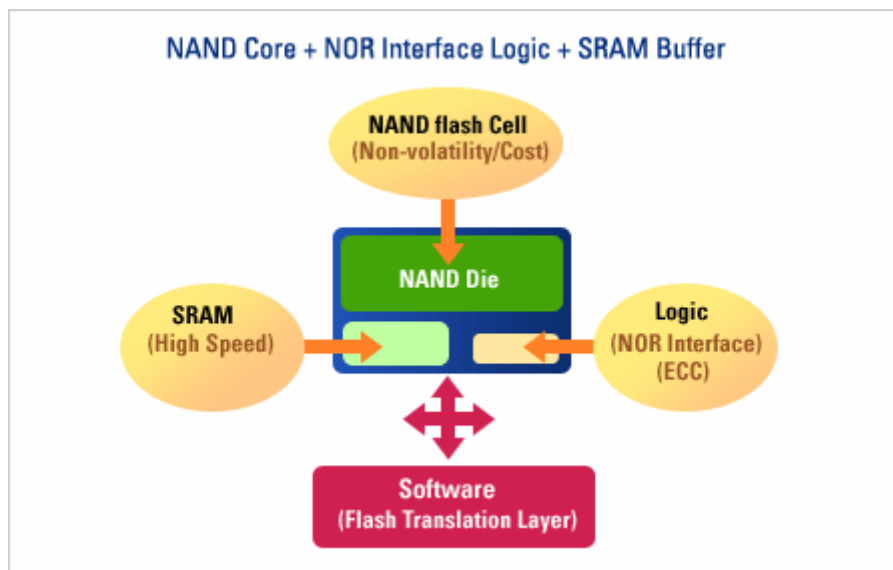


7. ábra

Természetesen a Samsung NAND üzletágának fejlődése is tükrözi az ipar fejlődését, így a 2001-es 400 millióról 2003-ra 2,1 milliárdra nőtt a forgalma. 2004-ben a cég 10 millió 2 Gb-es NAND flash memória-egységet szállított le.

## oneNAND-flash

A legújabb fejlesztések eredménye a oneNAND architektúra, ami tulajdonképpen egy NOR-flash logikai interfésszel és egy gyors SRAM-mal ellátott NAND-flash lapka. (8. ábra)



8. ábra

A Samsung adatai szerint 2005 októberben 86 százalékkal több oneNAND Flash eszközt állított elő, mint négy hónappal korábban. Ezzel egy időben azt is bejelentették, hogy a lapkák hamarosan 1 gigabites verzióban is elérhetőek lesznek. A oneNAND technológia emellett 108 MB/s-os, a hagyományos NAND flash-nél négyszer gyorsabb állandó "adat-olvasási", illetve 10 MB/s-os, a többszintű NOR flash-nél 60-szor gyorsabb "írasi" sebességet biztosít. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy átlag kapacitású oneNAND csip 250 darab 5 megapixeles kamerával sorozatban készített képet tud könnyedén tárolni, és a mozgóképrögzítést, illetve -megjelenítést is támogatja. (9. ábra)

		OneNAND™	NAND(SLC)	NOR(MLC)
<b>Product Nature</b>	Bootability	<b>1KB XIP</b>	N.A	XIP
	Bad Block	<b>YES</b>	YES	NO
	P/E Cycle	<b>100K</b>	100K	NONE
	Single Bit Error	<b>NO</b>	Yes	NO
	Erase Size	<b>128KB</b>	128KB	Varies
	Read /Write Size	<b>2KB</b>	2KB	Byte
<b>Performance</b>	Read Bandwidth	<b>108 MB/s</b>	17 MB/s	108 MB/s
	Write Bandwidth	<b>9.3 MB/s</b>	6.8 MB/s	0.14 MB/s
	Erase Bandwidth (@ MBE)	<b>64 MB/s (2.1 GB/s)</b>	64 MB/s	0.11 MB/s
<b>Effectiveness</b>	Chip Size	<b>1X</b>	1X	1.3X
	Storage	<b>Code /Data</b>	Data	Code

9. ábra

Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően a flashmemória új feladatok betöltésére is alkalmassá válik, pl. egy nemrég bejelentés szerint nemsokára kész egy, oneNAND technológiát használó gyorsítóval rendelkező hibrid merevlemez.

Bármennyire is fejlett ez a technológia, mindig lesz újabb és jobb. A flash memóriákat is letaszíthatják jelenlegi pozíciójukból, s amint az alábbi ábrán látható, próbálkozások akadnak szép számmal. (10. ábra)

<b>FINDING A SUCCESSOR</b>		
What will replace flash memory? The candidate technologies--and their backers.		
TECHNOLOGY	PROPONENT	WHAT IT DOES
Four-bit memory	AMD	Cells hold 4 bits of memory, rather than 2 or 1. Increases chip density.
Ovonic	Intel	Data is stored onto heated DVD disc-like material.
FeRAM	Ramtron, Texas Instruments	Position of atom inside crystal determines content of data. Energy efficient.
MRAM	Motorola, IBM	Direction of spinning electrons determines data. Fast. Theoretically lasts forever.
Polymer (PFRAM)	Matrix, AMD, Intel	Layers of LCD-like media stacked like pancakes. Data stored in media.
Nanocrystals	Motorola	A lattice of silicon crystals replaces silicon dioxide as insulator. Cuts chip size in half.

Source: CNET News.com

10. ábra



## Források, Linkek

<http://www.linuxdevices.com/articles/AT4422361427.html>

[http://news.com.com/Small+gadgets+to+spark+flash+memory+surge/2100-1041\\_3-5965603.html](http://news.com.com/Small+gadgets+to+spark+flash+memory+surge/2100-1041_3-5965603.html)

<http://www.linuxdevices.com/articles/AT9680239525.html>

<http://computer.howstuffworks.com/flash-memory.htm>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Flash\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory)

[http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/Flash/TechnicalInfo/flash\\_position\\_paper.pdf](http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/Flash/TechnicalInfo/flash_position_paper.pdf)

Készítette: Oláh Péter

Prog.terv.inf.leve.