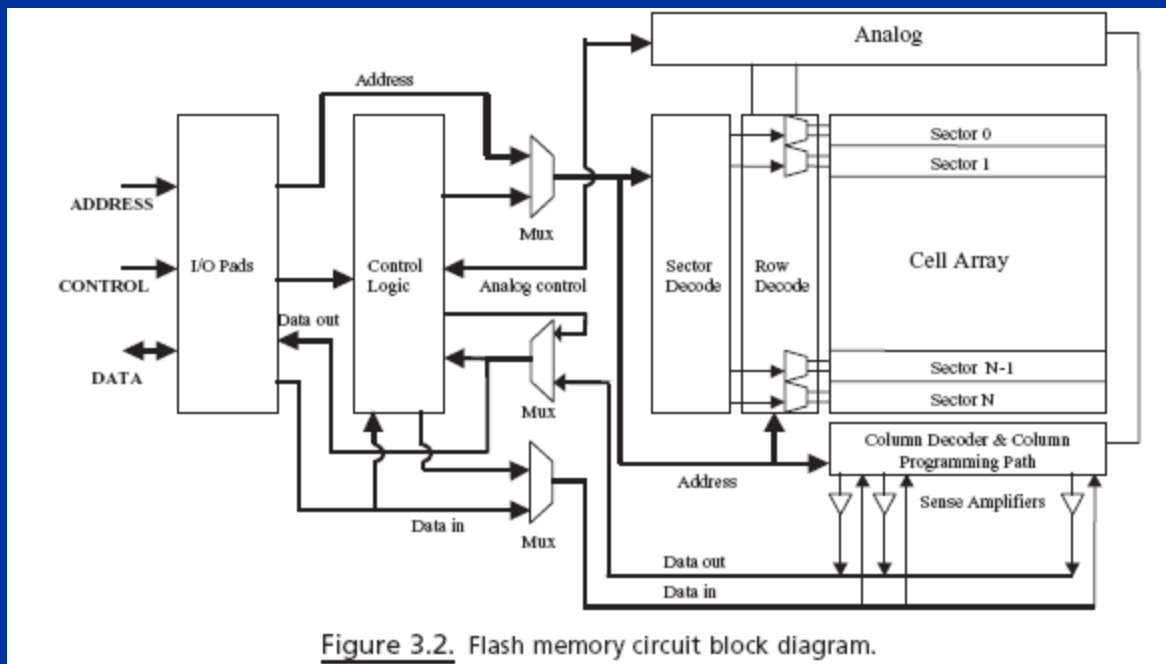
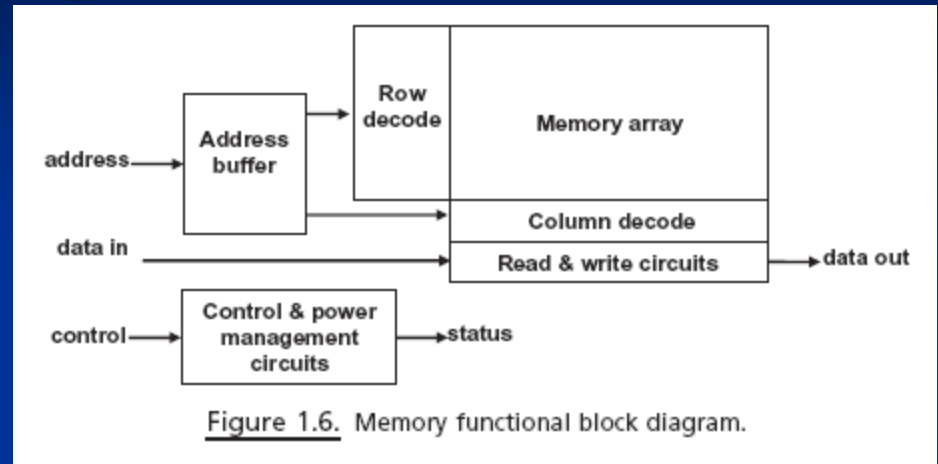
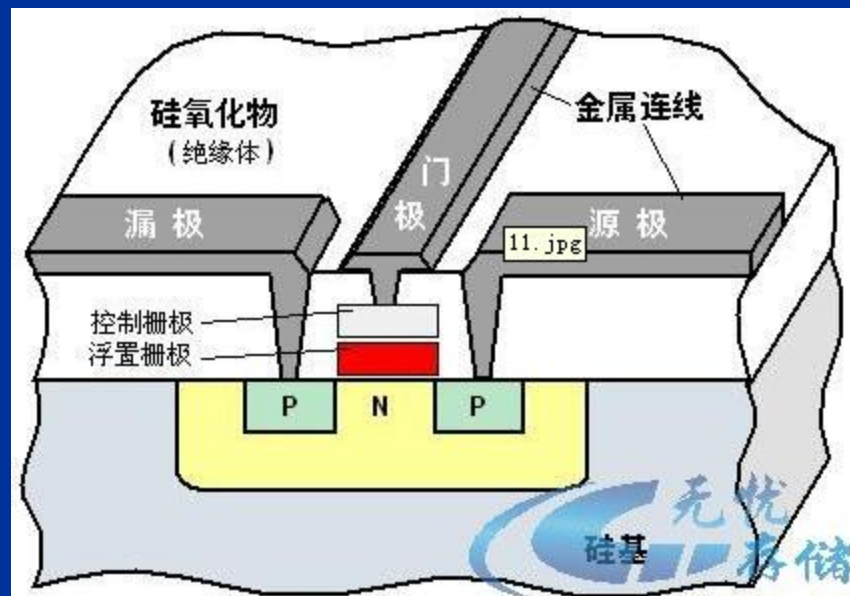
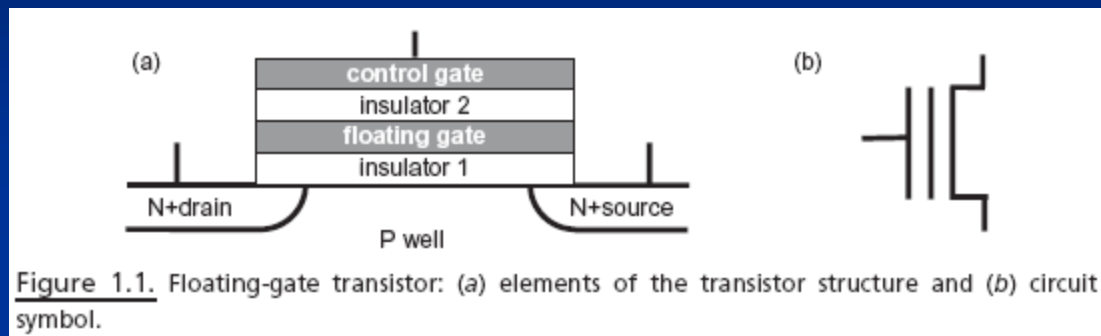


Flash Memory—原理与应用

■ 存储器功能模块



■ 基本单元



■ 信息存储方式

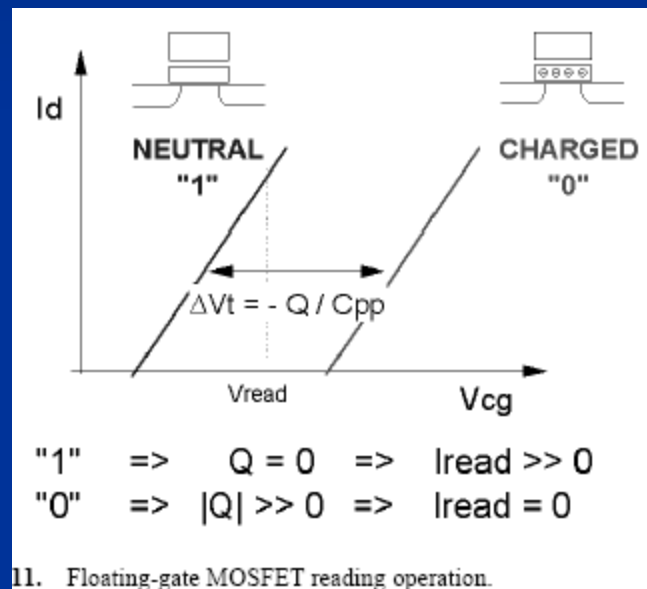


Table 1 Source, Control Gate, and Drain Biases During Operations of a Typical Flash Cell. Typical Reference Values Can Be $V_{cc} = 5\text{ V}$, $V_{pp} = 12\text{ V}$, $V_{dd} = 5 - 7\text{ V}$, and $V_{read} = 1\text{ V}$

	SOURCE	CONTROL GATE	DRAIN
READ	GND	V_{cc}	V_{read}
PROGRAM	GND	V_{pp}	V_{dd}
ERASE	V_{pp}	GND	FLOAT

Flash Memory 分类

■ 按读写及擦除方式

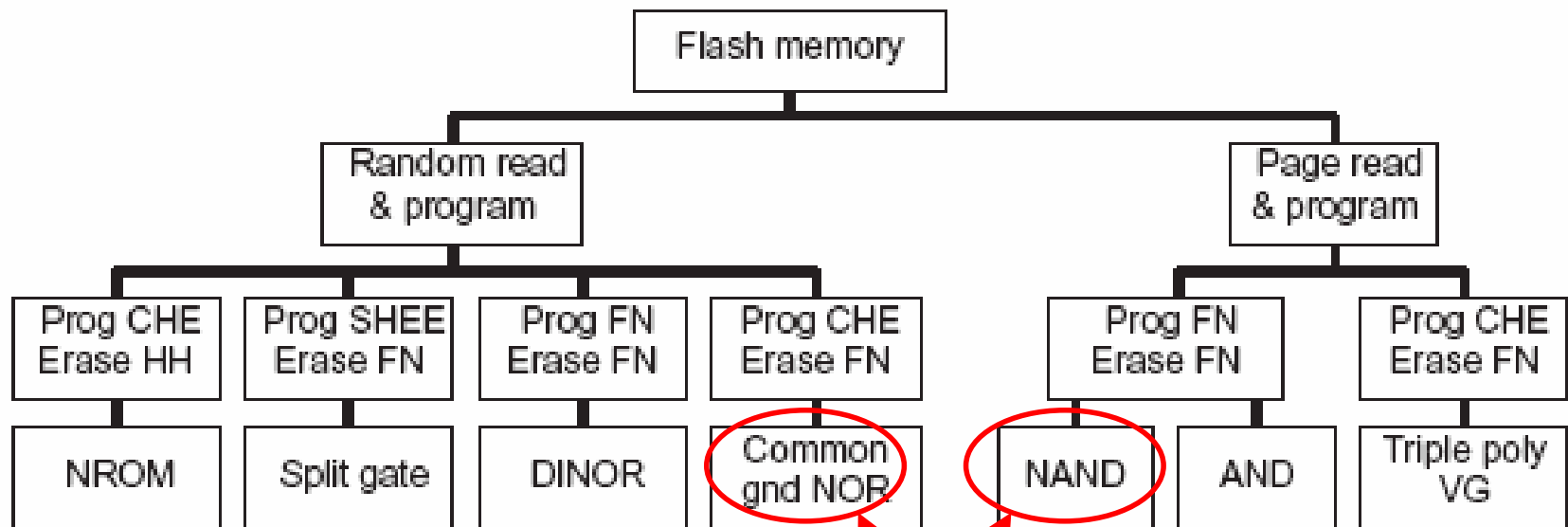
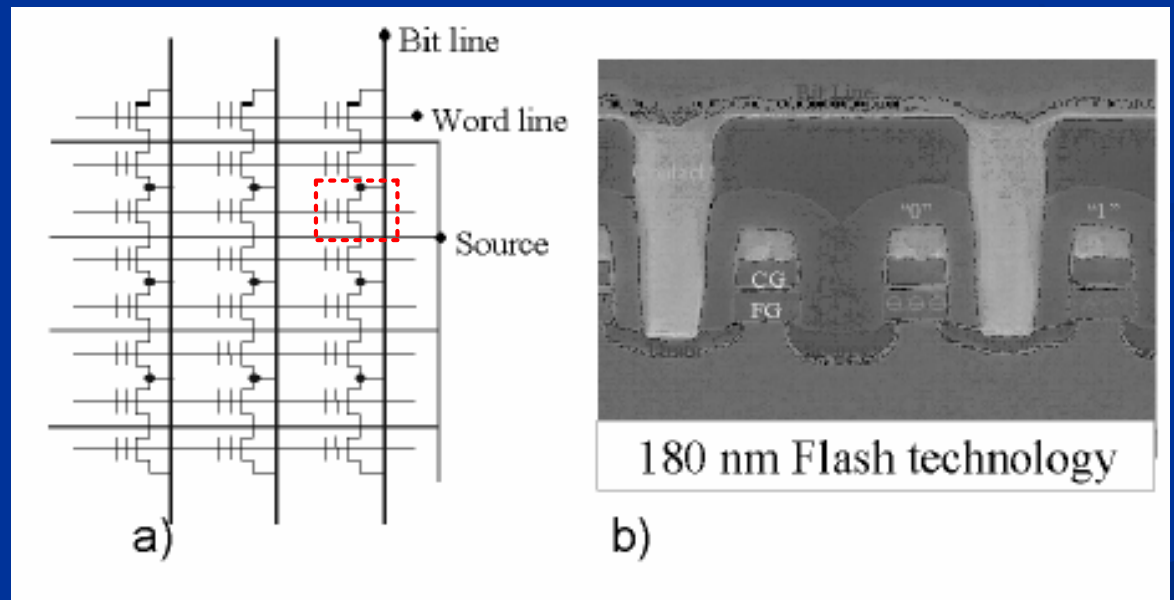
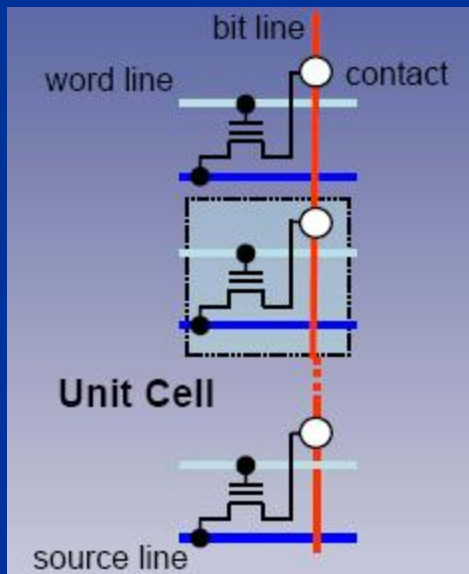


Figure 1.11. Flash cell architecture family tree suggested by [2].

目前使用最多的两种Flash

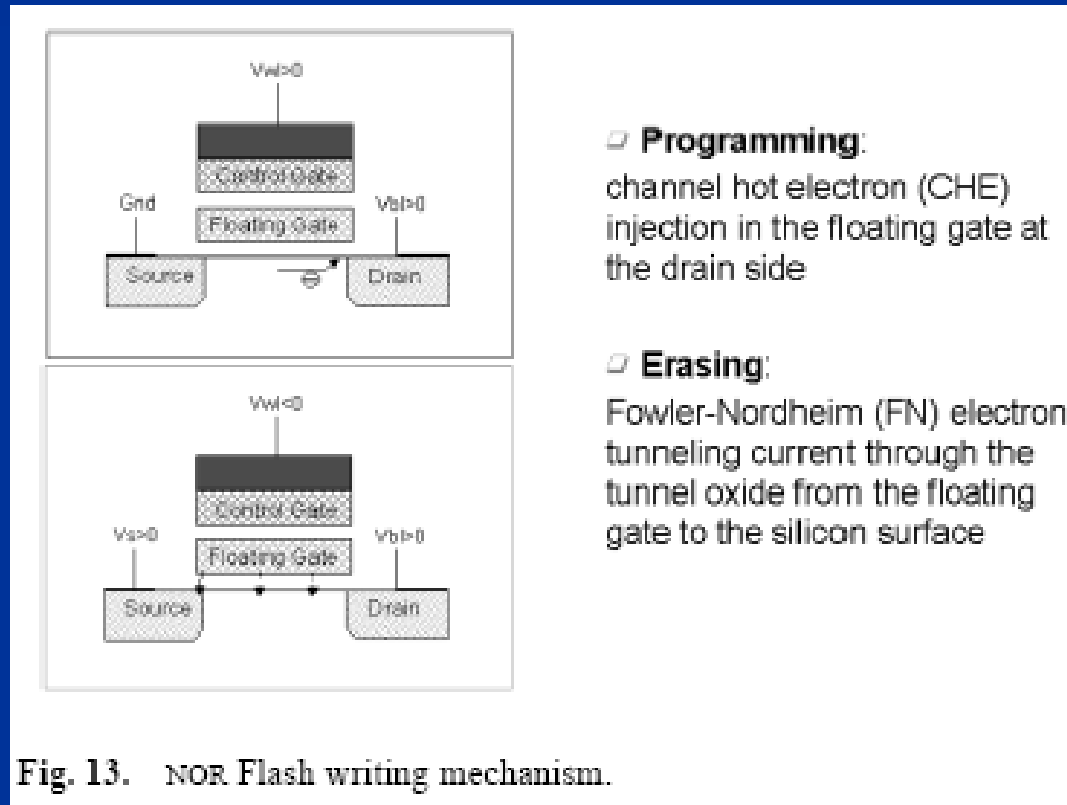
NOR Flash

■ Nor Flash 电路结构及其单元剖面图



Nor Flash 编程及擦除方式

- 写入: Hot Electron Injection(CHE)--热电子注入
- 擦除: Fowler -Nordheim (FN) tunneling--FN沟道效应。



Nor Flash 编程及擦除方式

- 电子受水平电场作用沿沟道向右运动，其能量不断增多，接着又由于垂直大电场的作使一部分电子穿过氧化层而进入FG。

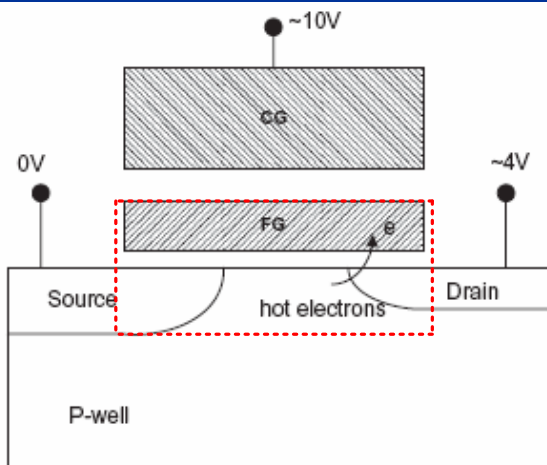
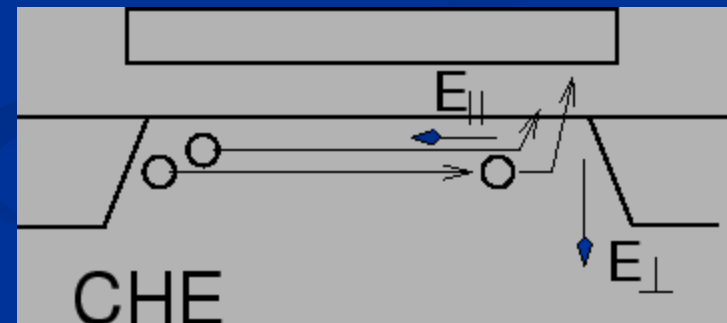


Figure 5.6. High electric fields at the drain junction edge create hot electrons that can contribute to gate current. These electrons can be injected into the floating gate.



Nor Flash --XIP

- 由于NOR地址线和数据线分开，所以NOR芯片可以像SRAM一样连在数据线上。NOR芯片的使用也类似于通常的内存芯片，它的传输效率很高，可执行程序可以在芯片内执行(XIP, eXecute In Place)，这样应用程序可以直接在flash闪存内运行，不必再把代码读到系统RAM中。
- 应用程序对NOR芯片操作以“字”为基本单位。为了方便对大容量NOR闪存的管理，通常将NOR闪存分成大小为128KB或者64KB的逻辑块，有时候块内还分成扇区。读写时需要同时指定逻辑块号和块内偏移。

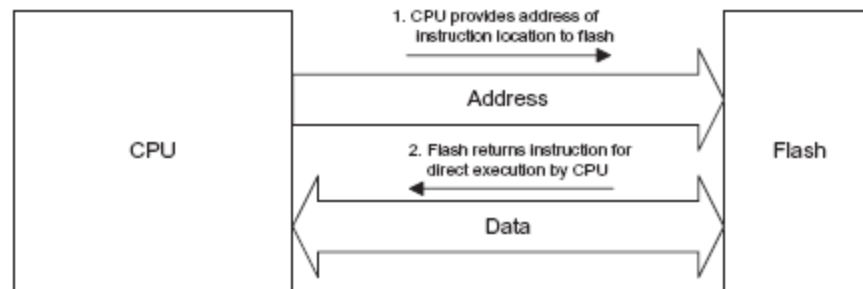


Figure 2.8. XIP model—CPU executes program code directly from Flash memory subsystem.

Nor Flash --XIP

■ Nor Flash 在嵌入式系统中的应用

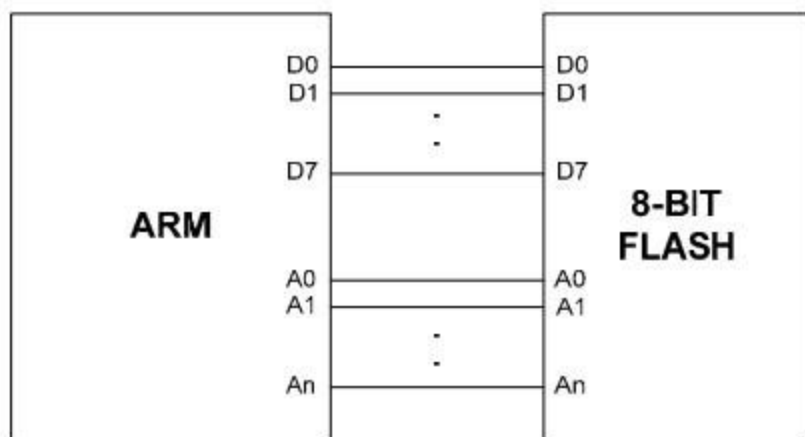


图 1 - ARM 处理器和 8-BIT FLASH 的连接示意图

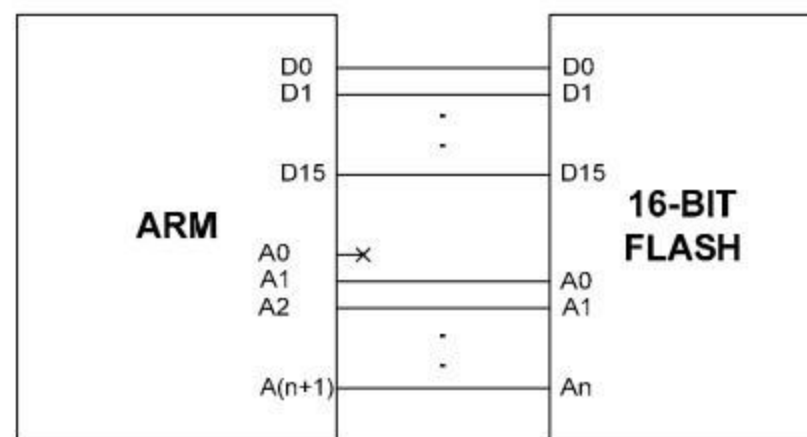
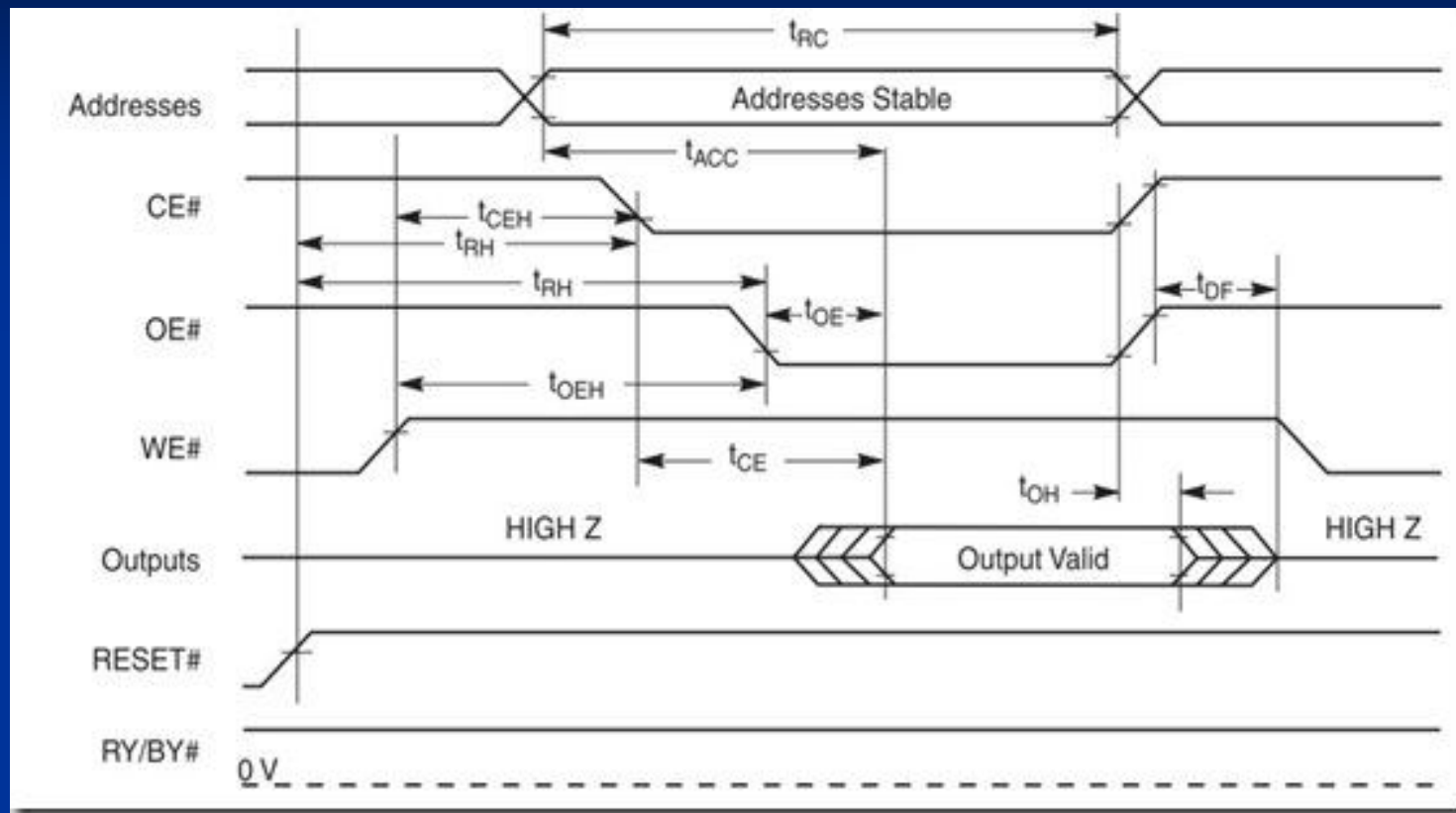


图 2 - ARM 处理器和 16-BIT FLASH 的连接示意图

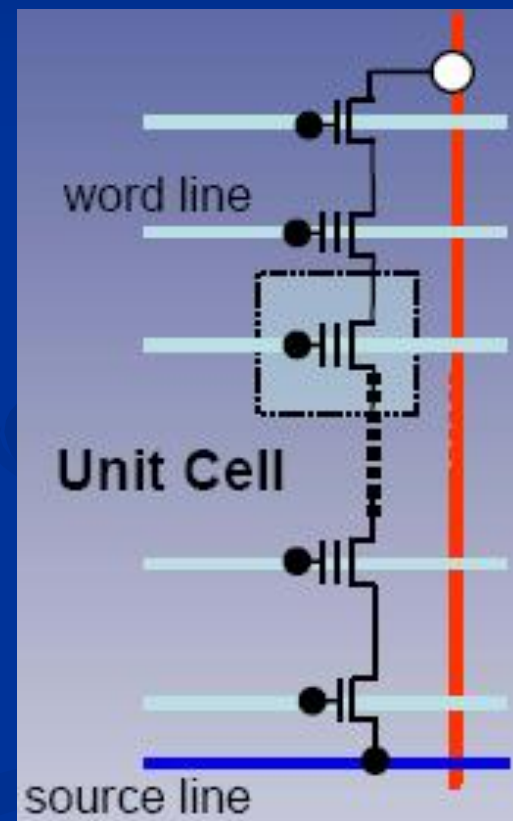
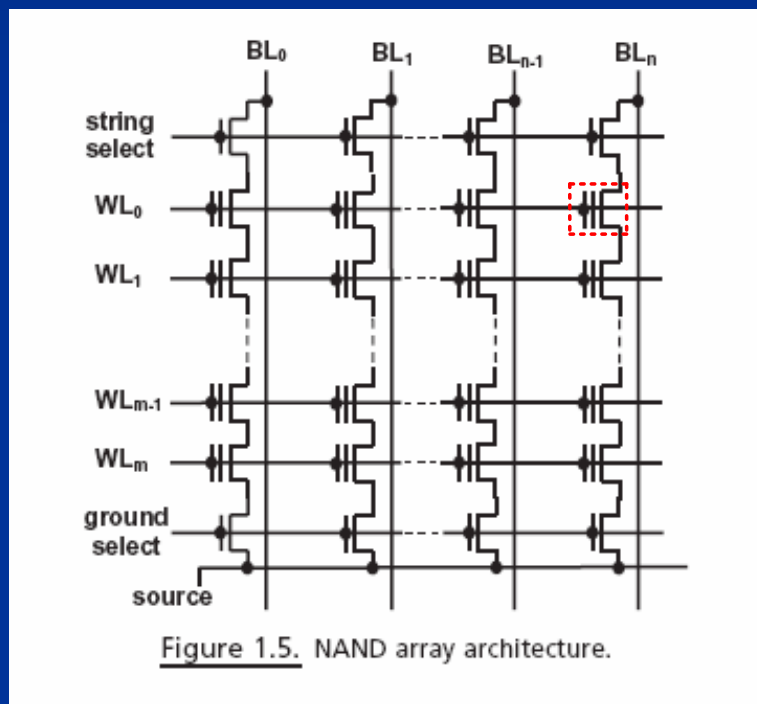
Nor Flash 读写时序



- 首先从地址发出寻址信号，当该信号稳定后，CE#（Chip Enable，低有效）变为低电平处于有效状态，然后是OE#（Output Enable，低有效）变为低电平处于有效状态，之后数据就可以通过数据线输出。

NAND Flash

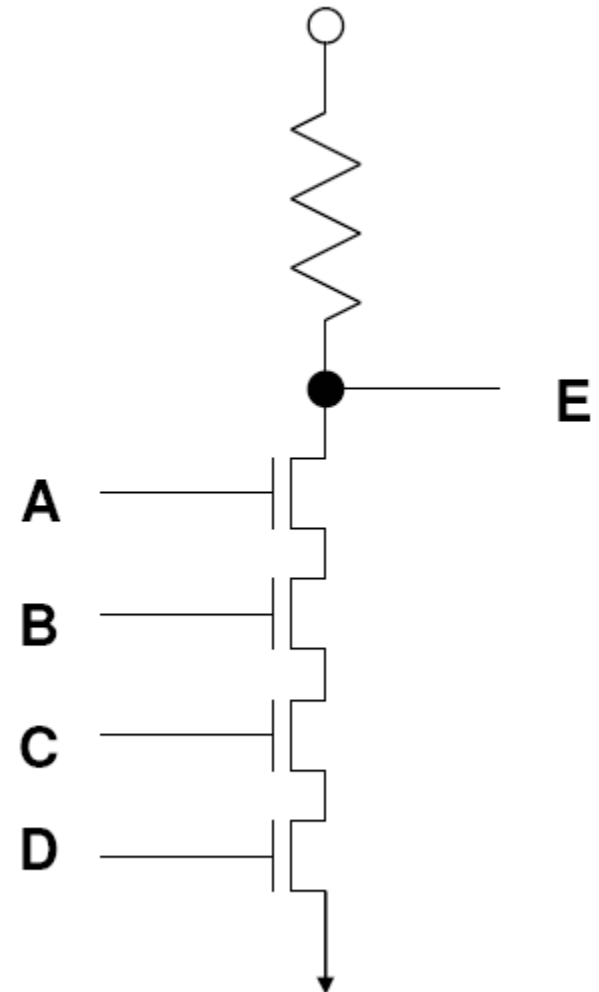
■ Nand Flash 阵列结构



Why named NAND?

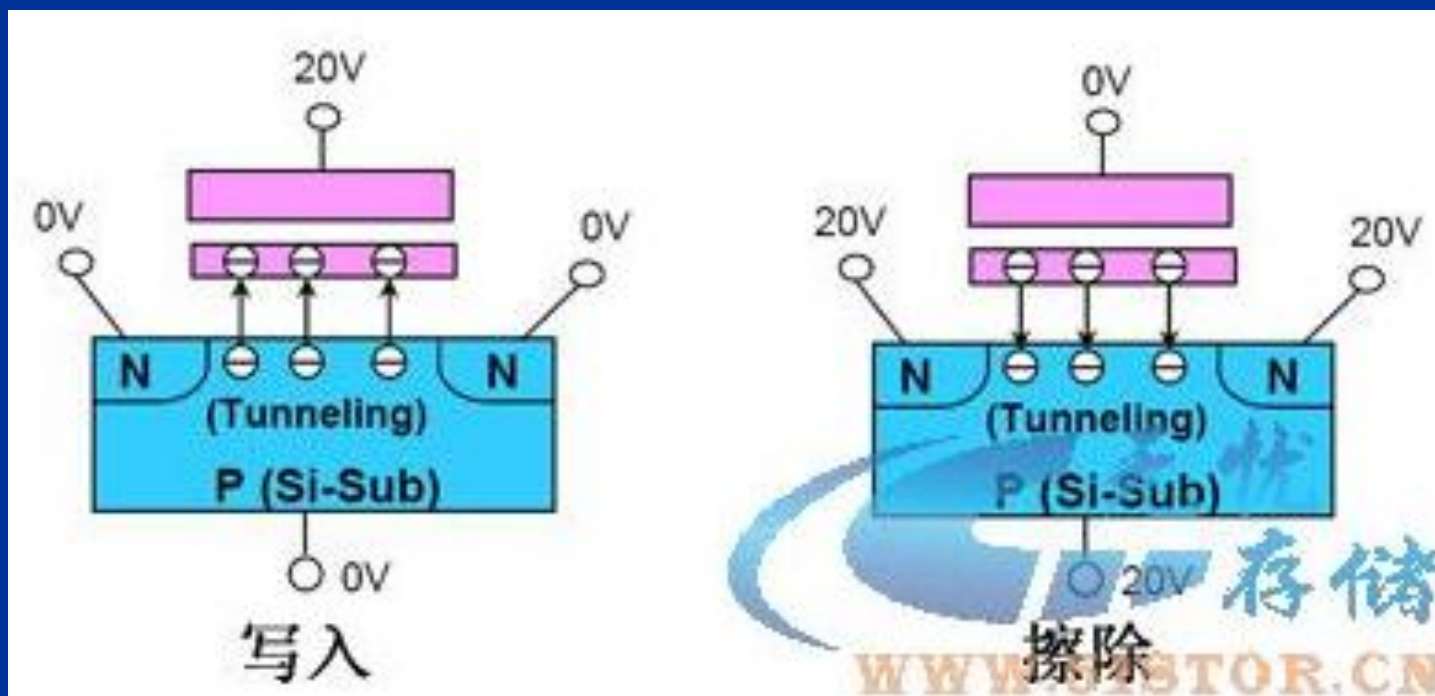
4 input NAND gate

A	B	C	D	AND	NAND(E)
0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0

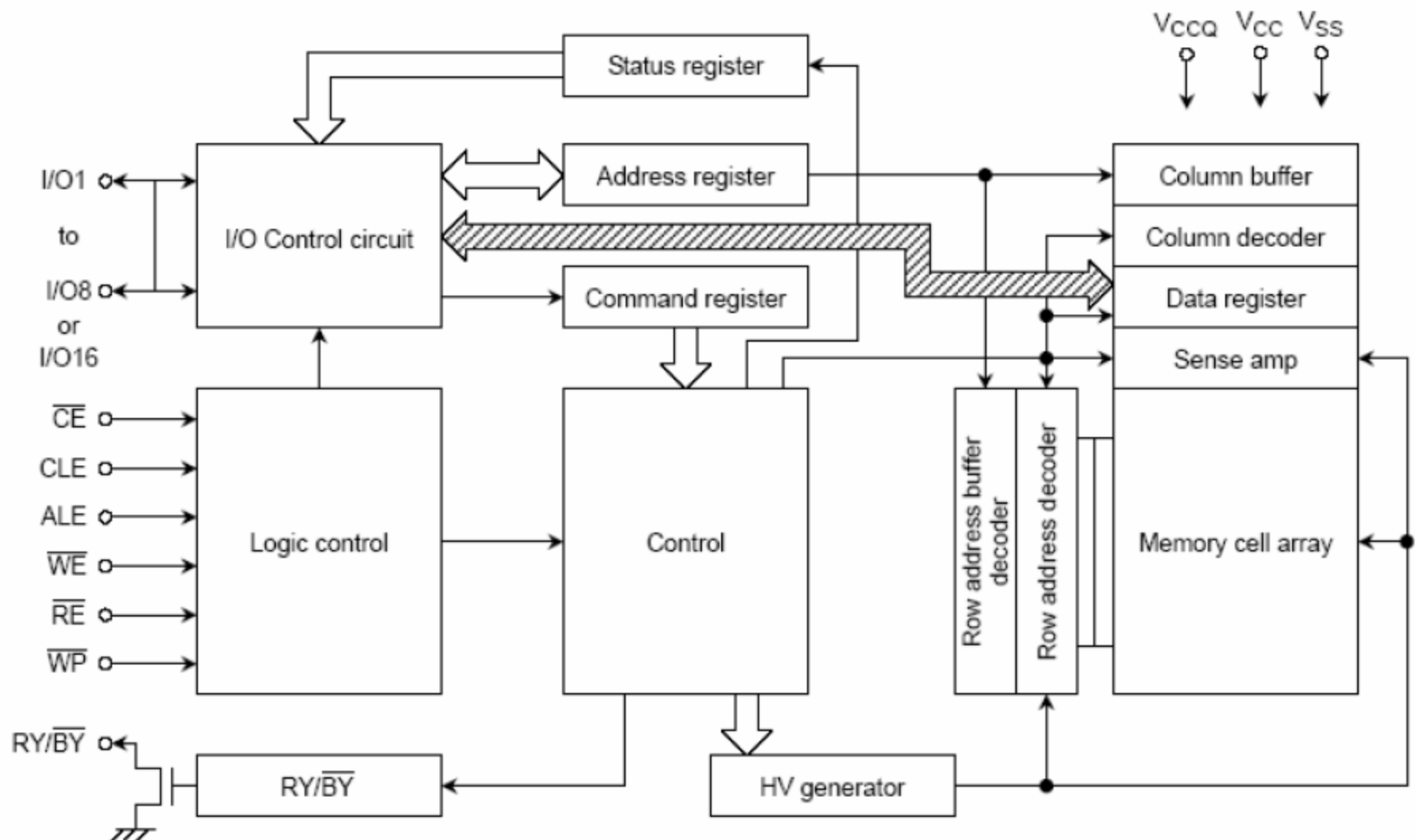


Nand Flash 擦写方式

- Fowler -Nordheim (FN) tunneling. Nand 擦除写入均采用FN沟道效应。

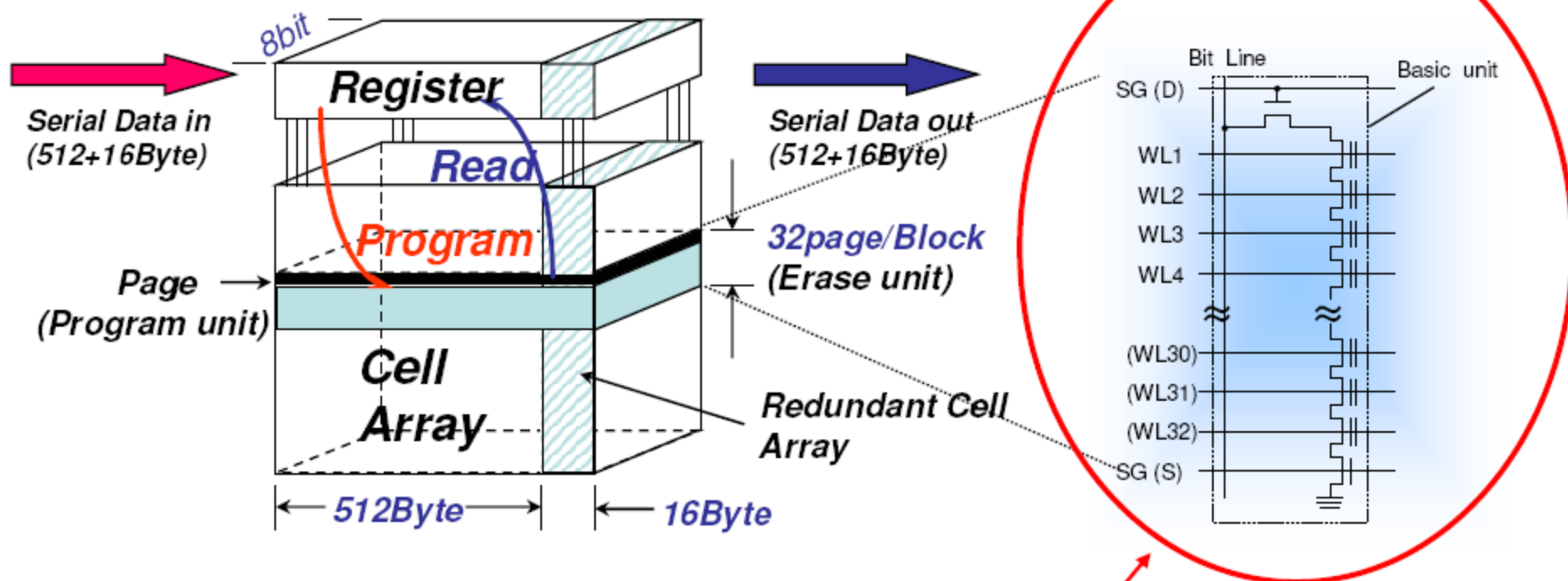


NAND Function Block



NAND Flash Memory Block Diagram

ex. 256Mb NAND Flash Memory



256Mb NAND Flash

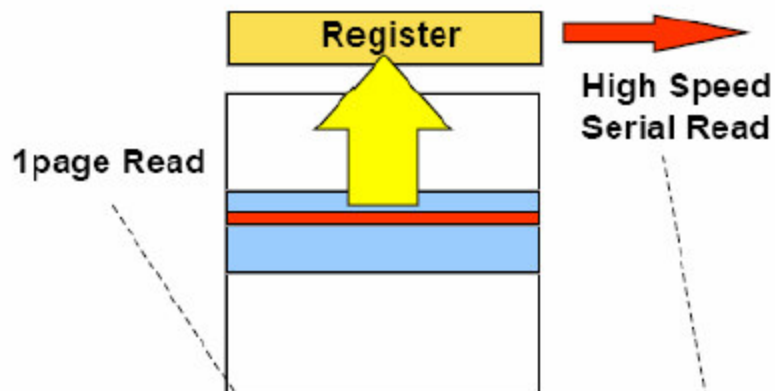
Page Size : 512+16 Bytes

Block Size : 16KBytes

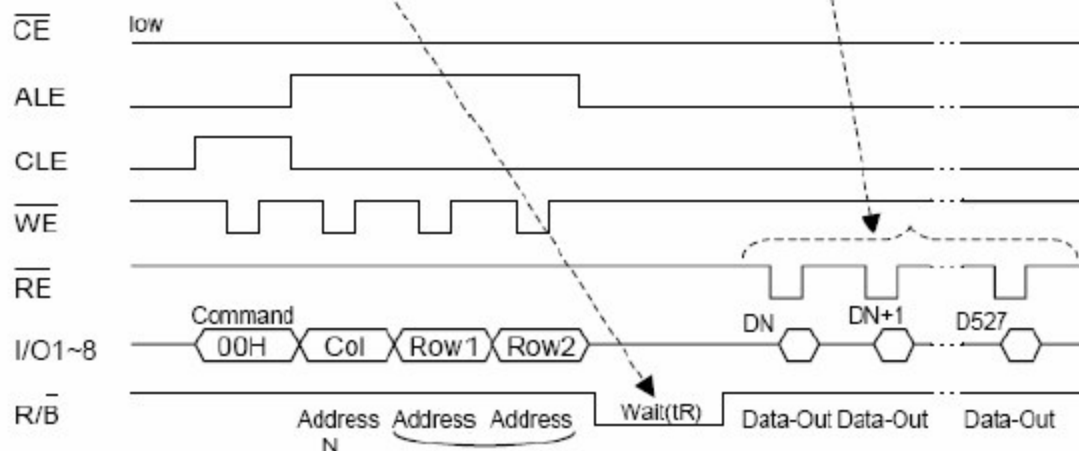
of Blocks : 2048 blocks

如上一個Block為串聯32個電晶體,若一個壞掉Ids無法成為下一晶體提供Id,所以一個壞掉將使整個Block不能使用.

Read

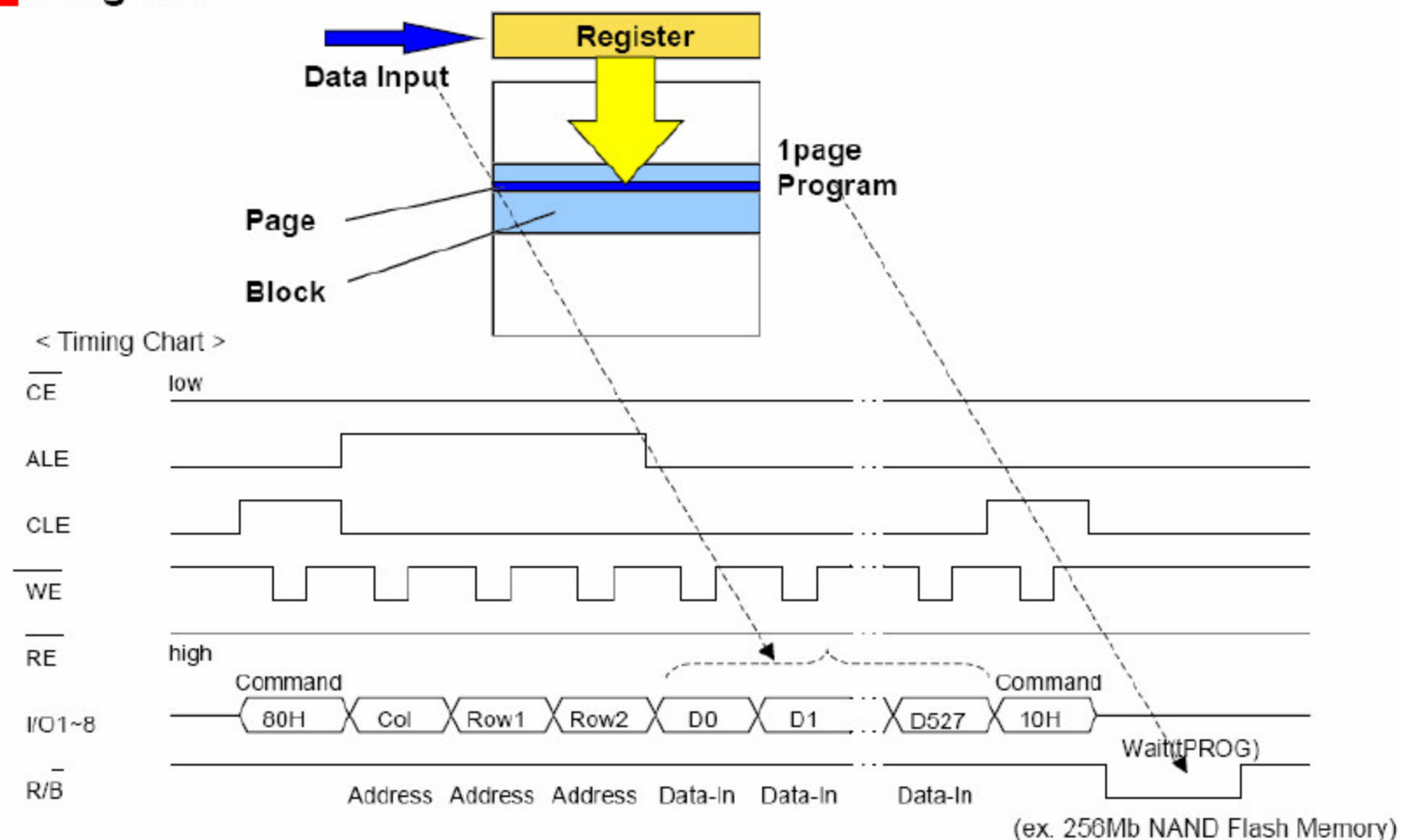


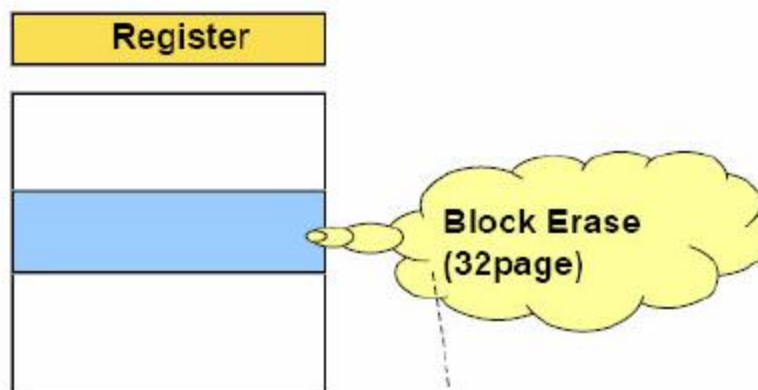
< Timing Chart >



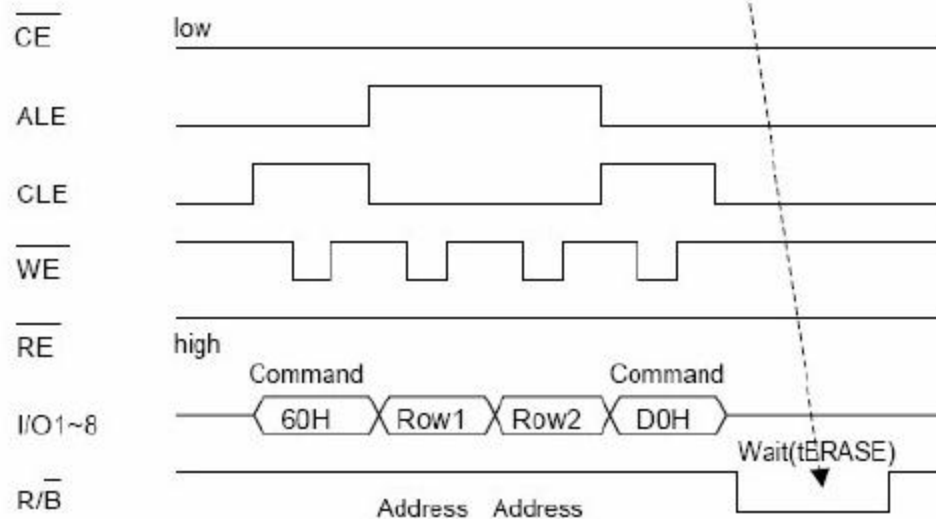
(ex. 256Mb NAND Flash Memory)

Program



Erase

< Timing Chart >

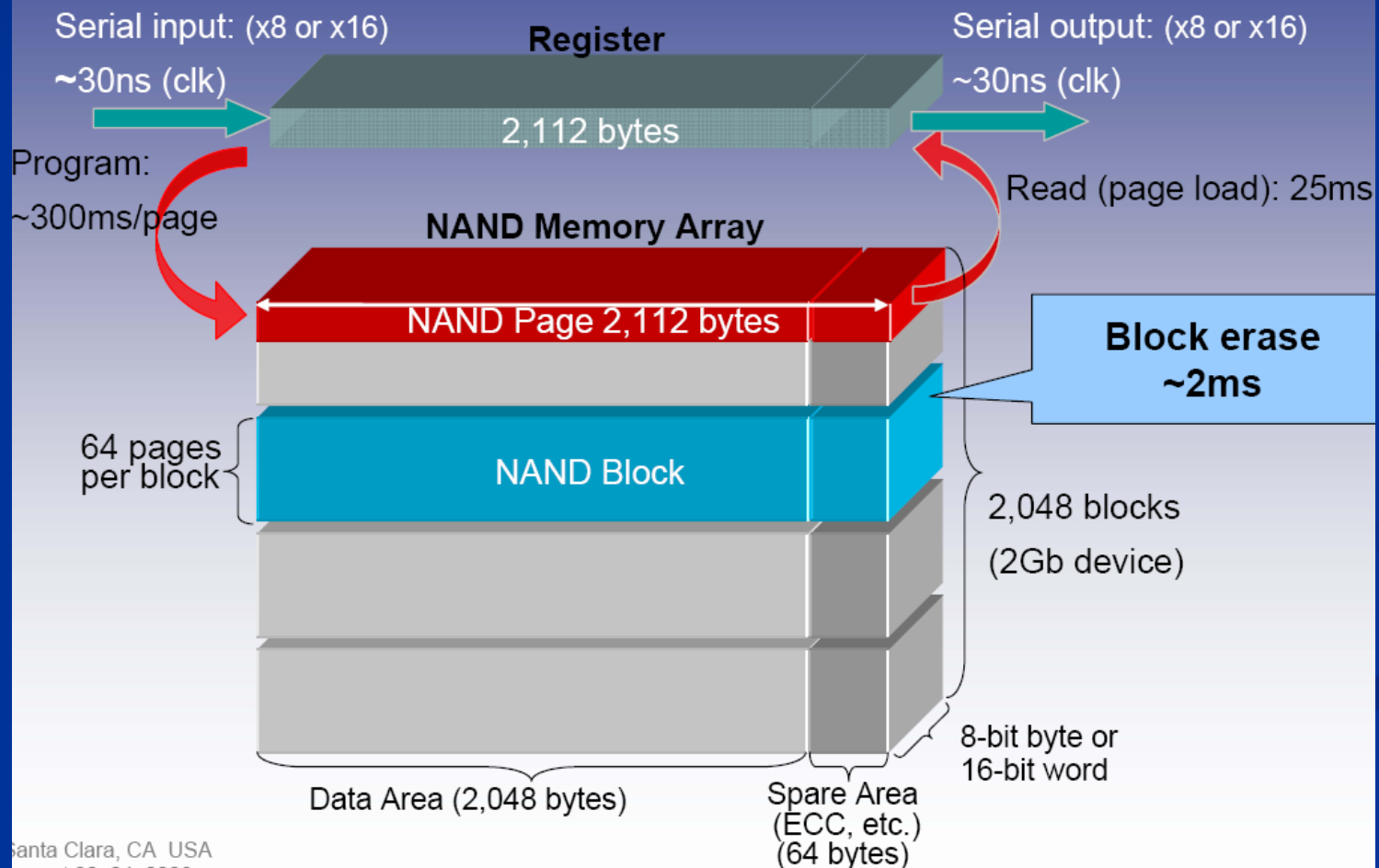


(ex. 256Mb NAND Flash Memory)

2Gb Nand Flash



SLC NAND Flash Memory Diagram



Nor vs Nand

	NOR	NAND
写入/擦除一个块操作时间	1~5s	2~4ms
读性能	1200~1500KB	600~800KB
写性能	<80KB	200~400KB
接口/总线	SRAM接口/独立的地址数据总线	8位地址/数据/控制, I/O接口复杂
读取模式	随机读取快	串行地存取数据
成本	较高	较低, 单元尺寸约为NOR的一半, 生产过程简单, 同样大小可以做更大的容量
容量及应用场合	1~16MB, 主要用于存储代码	8MB~1GB, 主要用于存储数据, 比如CompactFlash、Secure Digital、PC Cards和MMC存储卡
擦写次数(耐用性)	约10万次	约100万次
坏块处理	无, 因为坏块故障率少	随机分布, 无法修正

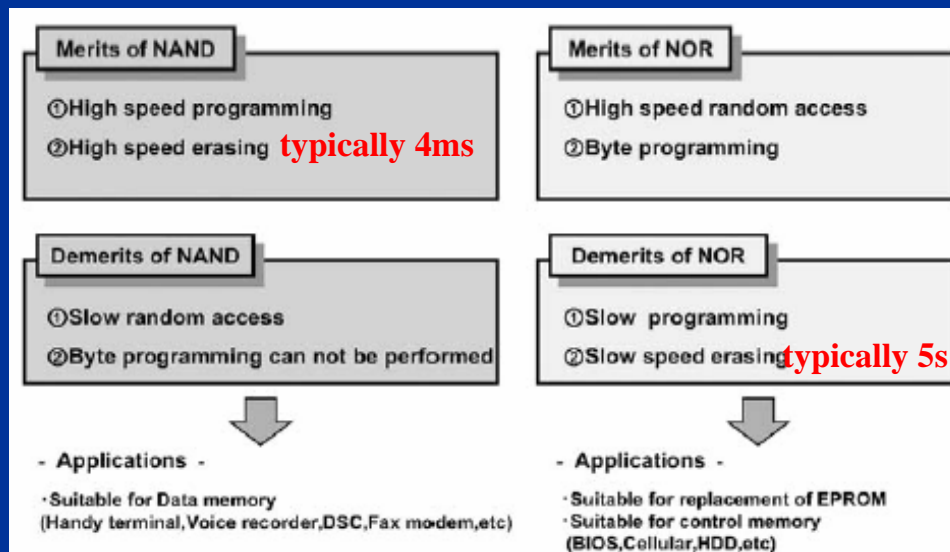


Figure 6.2. Features of NAND- and NOR-type EEPROMs.

Multi Layer Cell Flash

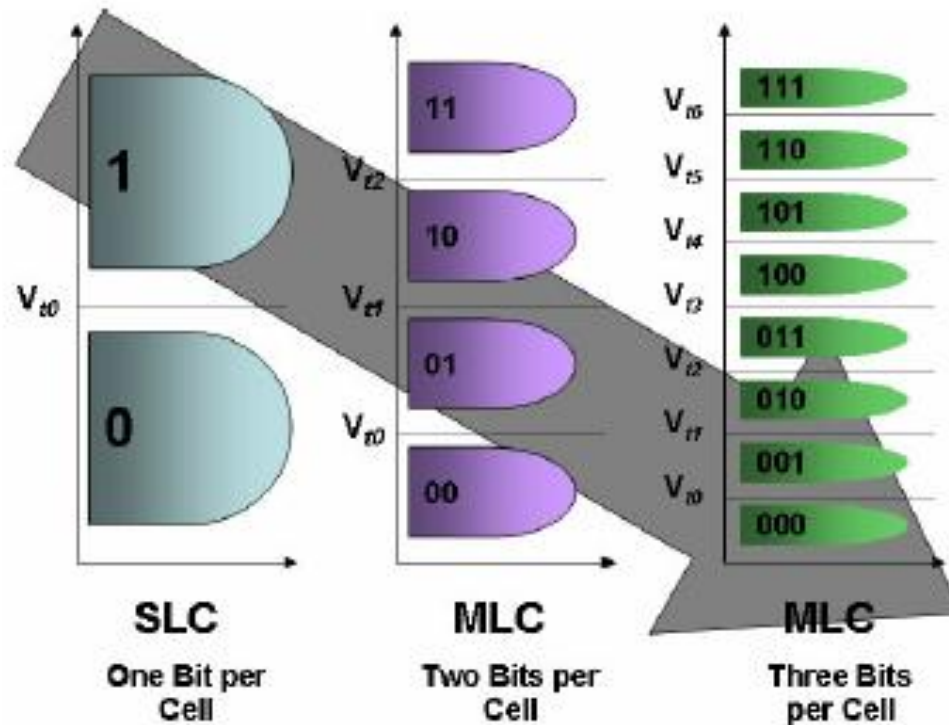


Figure 3: Reliability vs. Bits per Cell

MLC Flash characteristics

	SLC NAND Flash (x8)	MLC NAND Flash (x8)	MLC NOR Flash (x16)
Density	512 Mbits ¹ – 4 Gbits ²	1Gbit to 16Gbit	16Mbit to 1Gbit
Read Speed	24 MB/s ³	18.6 MB/s	103MB/s
Write Speed	8.0 MB/s	2.4 MB/s	0.47 MB/s
Erase Time	2.0 mSec	2.0mSec	900mSec
Interface	I/O – indirect access	I/O – indirect access	Random access
Application	Program/Data mass storage	Program/Data mass storage	eXecuteInPlace

Figure 4: NAND and NOR Flash Operating Specifications

The characteristics of NAND Flash are: high density, medium read speed, high write speed, high erase speed, and an indirect or I/O like access. The characteristics of NOR Flash are lower density, high read speed, slow write speed, slow erase speed, and a random access interface.

The application of Flash Memory



32GB ExpressCard, 64GB for sub-notebooks, and big daddy, 128GB monster



- the 32GB SanDisk microSDHD面向智能手机市场，采用第3代32nm工艺。
- 3-bit-per-cell NAND flash technology.



SanDisk's 32GB microSDHD card.

2Gb Nor Flash Memory

- AMD与富士通公司将各自的NOR闪存业务剥离出来，成立了合资公司Spansion

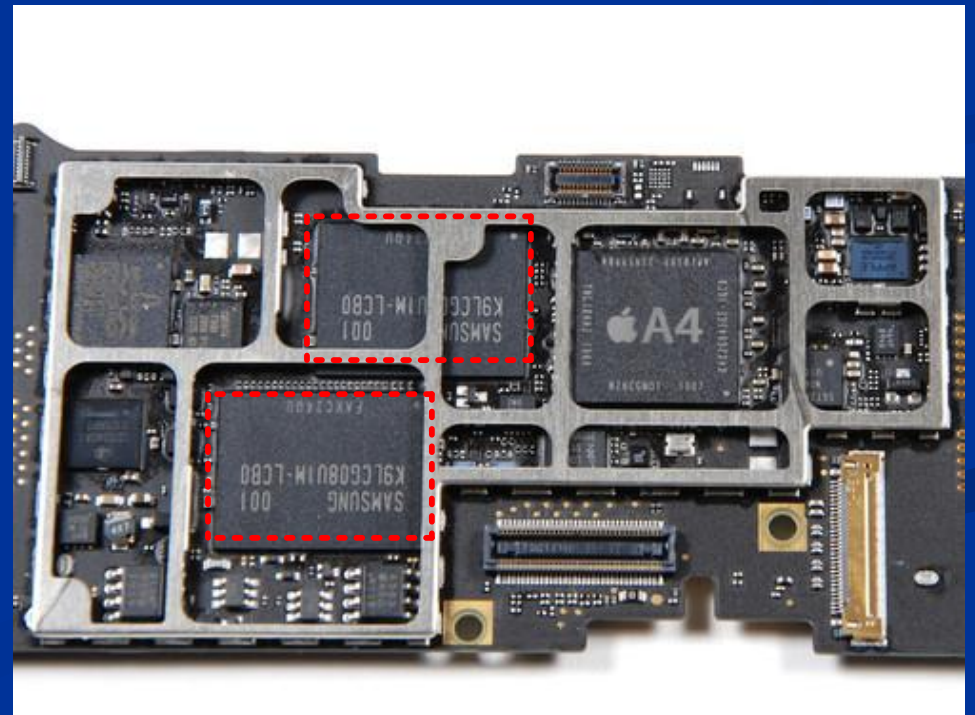


Apple-Nand Flash 最大买家

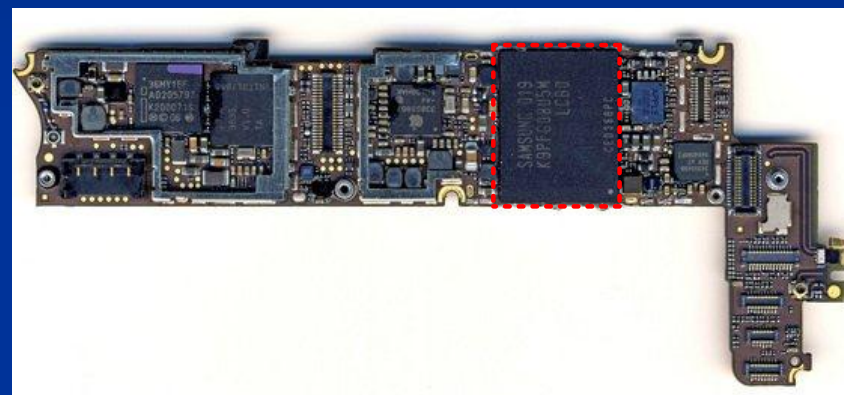
- 苹果发布2010年第四财季财报，营收203.4亿美元，同比增67%，利润44.6亿美元，同比增70%。
- iPhone 销量1410万部，同比涨91.4%;
- Mac电脑销量389万台，同比涨27.4%;
- iPod销量905万部，同比跌11%;
- iPad销量419万台，环比涨28.4%。



ipad



iphone 4



Thank you!