

# 数字系统设计

郑海永

中国海洋大学 电子工程系

2014年3月



# 概论

- ① 数字集成电路
- ② 可编程逻辑器件
- ③ 数字系统设计自动化
- ④ 数字系统设计流程
- ⑤ 知识产权核
- ⑥ 优化设计

# 目录

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

# 集成电路



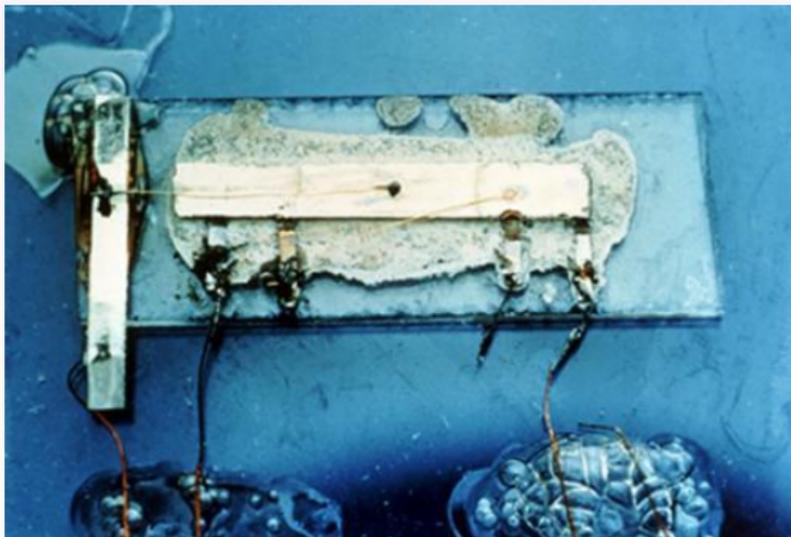
1st Generation: Valves

# 集成电路



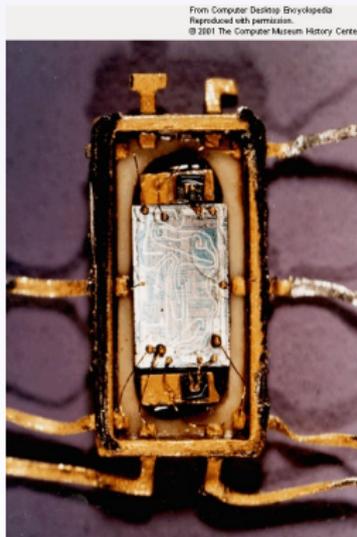
2nd Generation: Semiconductor Devices, Diode and single Transistor

# 集成电路



September 12, 1958 TI

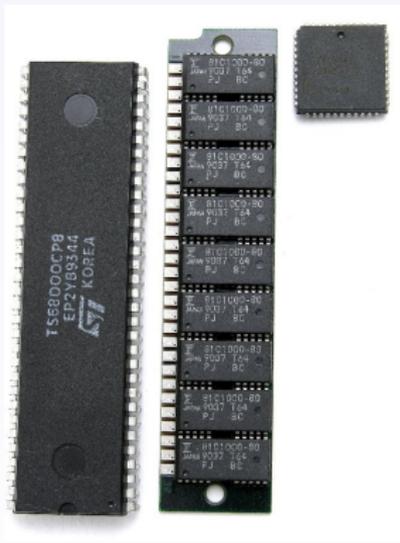
# 集成电路



early 1960s TI



# 集成电路



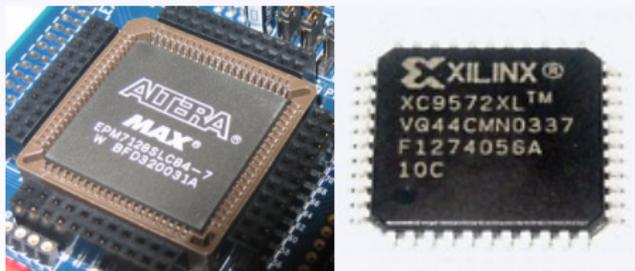
4th Generation: LSI(1000 to 10000 Transistors per IC or chip)  
VLSI(10000 to 1 million Transistors per IC or chip)

# 集成电路



5th Generation: ULSI (> 1 million Transistors per IC or chip)

# 集成电路



FPGA CPLD



# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。半导体
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。负电阻温度系数
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。光电导效应
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。整流效应
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。光生伏特效应
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。霍尔效应
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。半导体
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。负电阻温度系数
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。光电导效应
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。整流效应
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。光生伏特效应
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。霍尔效应
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。半导体
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。负电阻温度系数
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。光电导效应
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。整流效应
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。光生伏特效应
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。霍尔效应
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。半导体
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。负电阻温度系数
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。光电导效应
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。整流效应
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。光生伏特效应
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。霍尔效应
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。半导体
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。负电阻温度系数
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。光电导效应
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。整流效应
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。光生伏特效应
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。霍尔效应
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。半导体
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。负电阻温度系数
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。光电导效应
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。整流效应
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。光生伏特效应
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。霍尔效应
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。 **半导体**
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。 **负电阻温度系数**
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。 **光电导效应**
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。 **整流效应**
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。 **光生伏特效应**
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。 **霍尔效应**
- **半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。**
- 电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。

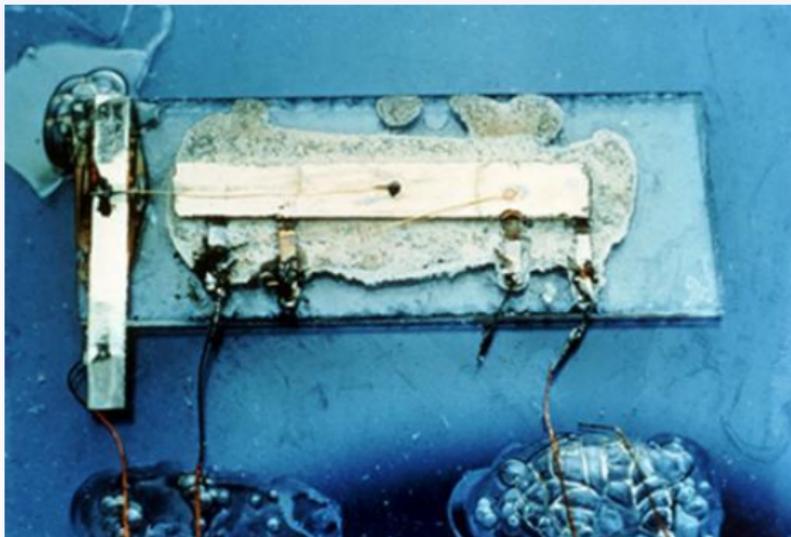
## ① 19 世纪（早期发展）——半导体

- 1800 年，意大利物理学家伏特发明了世界上第一个伏特电池。 **半导体**
- 1833 年，英国物理学家法拉第发现半导体材料随温度升高电阻值下降。 **负电阻温度系数**
- 1873 年，英国史密斯发现辐射可以引起被照射半导体材料电导率改变。 **光电导效应**
- 1874 年，德国物理学家布劳恩观察某些硫化物的电导与所加电场的方向有关。 **整流效应**
- 1876 年，英国物理学家亚当斯发现晶体硒和金属接触在光照射下产生了电动势。 **光生伏特效应**
- 1879 年，美国物理学家霍尔在研究通有电流的导体在磁场中受力，发现在垂直于磁场和电流的方向上产生了电动势。 **霍尔效应**
- 半导体理论模型逐步建立，半导体材料提纯和掺杂技术不断发展。
- **电报、电话和无线电等的发明使得电子业诞生。**

## ② 20 世纪

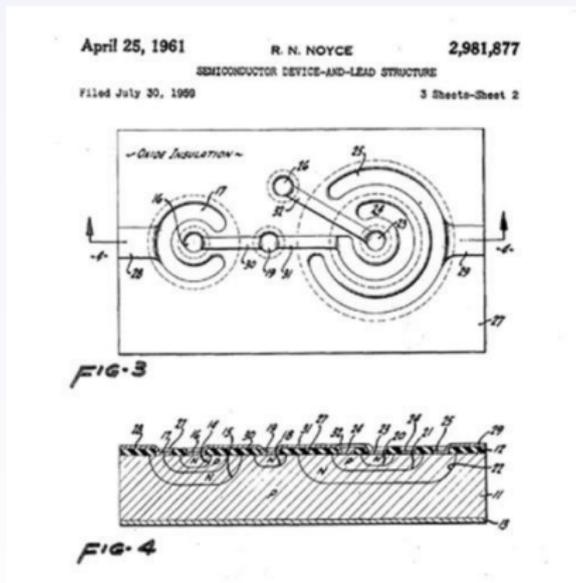
- 1947 Bell 实验室肖克莱等人发明了晶体管，微电子技术发展中的第一个里程碑。
- 1950 结型晶体管诞生；R Ohl 和肖特莱发明了离子注入工艺。
- 1951 场效应晶体管发明。
- 1956 C S Fuller 发明了扩散工艺。
- 1958 Fairchild 公司 Robert Noyce 与 TI 公司 Jack Kilby 分别发明了集成电路，开创了世界微电子学的历史。
- 1960 H H Loor 和 E Castellani 发明了光刻工艺。
- 1962 美国 RCA 公司研制出 MOS 场效应管。
- 1963 F M Wanlass 和 C T Sah 首次提出 CMOS 技术。
- 1964 Intel 摩尔提出**摩尔定律**，预测晶体管集成度将会每 18 个月增加 1 倍。
- 1966 美国 RCA 公司研制出 CMOS 集成电路，并研制出第一块门阵列（50 门）。
- 1971 Intel 推出 1kb DRAM，**标志着**大规模集成电路出现；全球第一个微处理器 4004 由 Intel 公司推出，采用 MOS 工艺，这是一个**里程碑式**的发明。
- 1978 64kb DRAM 诞生，不足  $0.5\text{cm}^2$  的硅片上集成了 14 万个晶体管，**标志着**超大规模集成电路时代的来临。
- 1979 Intel 推出 5MHz 8088 微处理器；IBM 基于 8088 推出全球第一台 PC。
- 1985 20MHz 80386 微处理器问世。
- 1988 16M DRAM 问世， $1\text{cm}^2$  硅片上集成了 3500 万个晶体管，**标志着**进入超大规模集成电路阶段。
- … 486，奔腾（586），奔腾 Pro、奔腾 II、奔腾 III、奔腾 IV、双核（686）、…。

# 第一块集成电路板



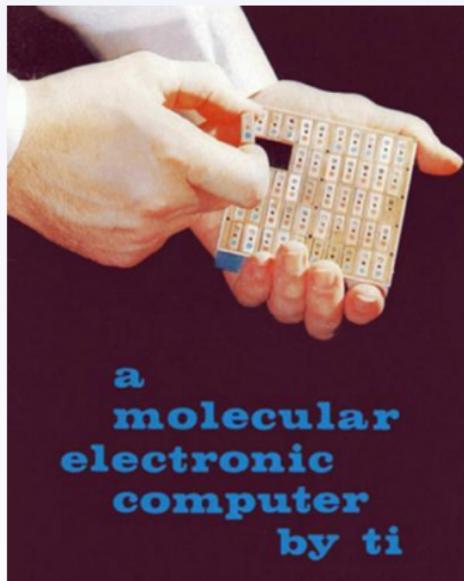
- 杰克·基尔比
- 几根零乱的电线连接五个电子元件
- 其工作效能要比使用离散的部件要高的多

# 半导体设备与铅结构模型



- 美国 Fairchild 公司创始人罗伯特·诺伊斯
- 美国国家科学奖章：基尔比和诺伊斯（集成电路共同发明者）

# 分子电子计算机



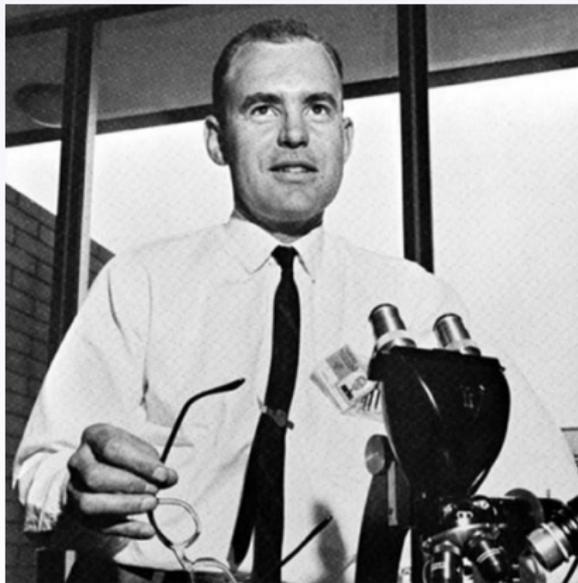
- 军事及政府部门
- “阿波罗导航计算机”和“星际监视探测器”

# 集成电路应用于导弹制导系统



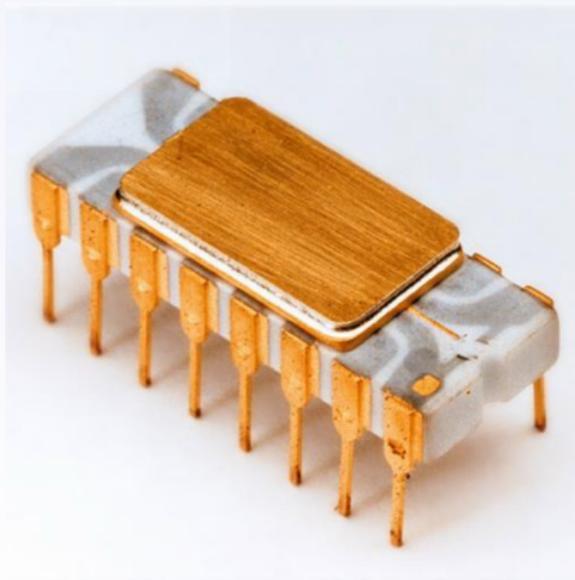
## ● 美国空军

# 戈登·摩尔提出摩尔定律

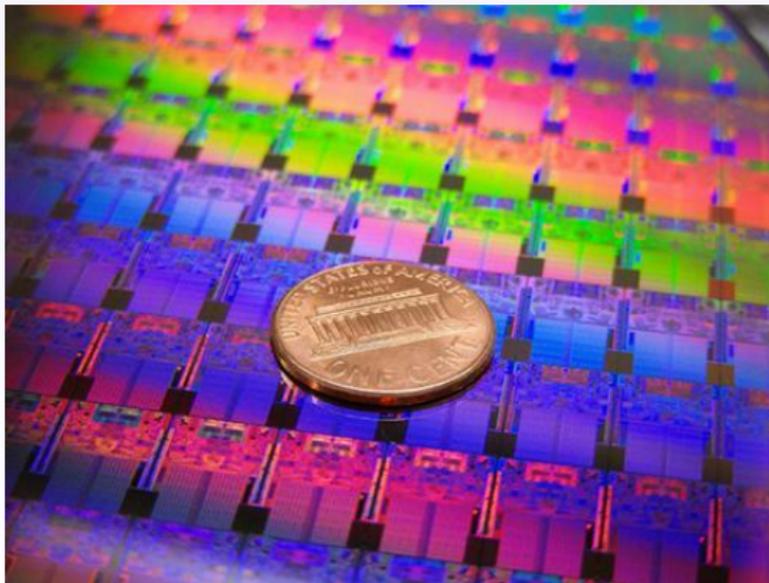


- Intel 公司联合创始人之一
- 每 18 个月芯片上集成的电子元件数量会翻一番

# Intel 4004 微处理器



# 集成电路工艺突飞猛进



### ③ 中国

1965-1978 以计算机和军工配套为目标，以开发逻辑电路为主。

1978-1990 主要引进国外（美国）设备，改善集成电路装备水平（彩电集成电路的国产化）。

1990- 国家大力支持和资助自主知识产权研发。

### ③ 中国

1965-1978 以计算机和军工配套为目标，以开发逻辑电路为主。

1978-1990 主要引进国外（美国）设备，改善集成电路装备水平（彩电集成电路的国产化）。

1990- 国家大力支持和资助自主知识产权研发。

### ③ 中国

1965-1978 以计算机和军工配套为目标，以开发逻辑电路为主。

1978-1990 主要引进国外（美国）设备，改善集成电路装备水平（彩电集成电路的国产化）。

1990- 国家大力支持和资助自主知识产权研发。

### ③ 中国

- 1965-1978 以计算机和军工配套为目标，以开发逻辑电路为主。
- 1978-1990 主要引进国外（美国）设备，改善集成电路装备水平（彩电集成电路的国产化）。
- 1990- 国家大力支持和资助自主知识产权研发。

**核**心电子器件、**高**端通用芯片、**基**础软件产品

## ④ 未来

硅的速度是有极限的，只能达到现在这个地步，无法再提高了。

### 硅替代品

后摩尔时代

- ① 碳纳米管：电子迁移率更高、尺寸更小
- ② 石墨烯：太赫兹（ $1000 \times 1000\text{MHz}$ ）
- ③ 镓：电子迁移率高

### 量子计算机

## ④ 未来

硅的速度是有极限的，只能达到现在这个地步，无法再提高了。

**硅替代品** 后摩尔时代

- ① 碳纳米管：电子迁移率更高、尺寸更小
- ② 石墨烯：太赫兹（ $1000 \times 1000\text{MHz}$ ）
- ③ 镓：电子迁移率高

量子计算机

## ④ 未来

硅的速度是有极限的，只能达到现在这个地步，无法再提高了。

### 硅替代品

后摩尔时代

- ① 碳纳米管：电子迁移率更高、尺寸更小
- ② 石墨烯：太赫兹（ $1000 \times 1000\text{MHz}$ ）
- ③ 镓：电子迁移率高

### 量子计算机

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

## ① 按生产工艺分类

双极性集成电路 TTL、ECL、 $I^2L$  等。

金属氧化物半导体集成电路 pMOS、nMOS、CMOS 等。

双极与 MOS 混合集成电路 BiMOS

- 与 MOS 工艺相比，双极性工艺流程复杂、功耗大、集成度低、生产成本高；但工作速度快。
  - ECL 工艺最为复杂，功耗大、集成度低、生产成本高；但工作速度最快。
  - $I^2L$  工艺电路结构简单、集成度高、功耗低；但输出电压幅度小，抗干扰能力较差，工作速度较低。
  - TTL 工艺介于两者之间，是目前应用较多的双极性工艺。
- CMOS 工艺与 pMOS 和 nMOS 工艺相比功耗小、速度快、抗干扰能力强和工作电压范围宽等。目前应用最广泛。
- 集成电路输出级采用双极性工艺（驱动能力强），输入级等其他电路采用 MOS 工艺，就形成 BiMOS 工艺。

## ① 按生产工艺分类

双极性集成电路 TTL、ECL、 $I^2L$  等。

金属氧化物半导体集成电路 pMOS、nMOS、CMOS 等。

双极与 MOS 混合集成电路 BiMOS

- 与 MOS 工艺相比，双极性工艺流程复杂、功耗大、集成度低、生产成本高；但工作速度快。
  - ECL 工艺最为复杂，功耗大、集成度低、生产成本低；但工作速度最快。
  - $I^2L$  工艺电路结构简单、集成度高、功耗低；但输出电压幅度小，抗干扰能力较差，工作速度较低。
  - TTL 工艺介于两者之间，是目前应用较多的双极性工艺。
- CMOS 工艺与 pMOS 和 nMOS 工艺相比功耗小、速度快、抗干扰能力强和工作电压范围宽等。目前应用最广泛。
- 集成电路输出级采用双极性工艺（驱动能力强），输入级等其他电路采用 MOS 工艺，就形成 BiMOS 工艺。

# BIOS, CMOS ?

讨论

## BIOS, CMOS ?

BIOS Basic Input/Output System(Software) ⇒ ROM BIOS 芯片 (可使用 Flash ROM 程序更新)

CMOS Complementary Metal-Oxide-Semiconductor → 可读写 RAM 芯片 (开机可按键进入设置)

# BIOS, CMOS ?

讨论

BIOS, CMOS ?

**BIOS** Basic Input/Output System(Software)  $\Rightarrow$  ROM BIOS 芯片 (可使用 Flash ROM 程序更新)

**CMOS** Complementary Metal-Oxide-Semiconductor  $\rightarrow$  可读写 RAM 芯片 (开机可按键进入设置)

# BIOS, CMOS ?

## 讨论

### BIOS, CMOS ?

**BIOS** Basic Input/Output System(Software)  $\Rightarrow$  ROM BIOS 芯片 (可使用 Flash ROM 程序更新)

**CMOS** Complementary Metal-Oxide-Semiconductor  $\rightarrow$  可读写 RAM 芯片 (开机可按键进入设置)

# BIOS, CMOS ?

## 讨论

### BIOS, CMOS ?

**BIOS** Basic Input/Output System(Software)  $\Rightarrow$  ROM BIOS 芯片 (可使用 Flash ROM 程序更新)

**CMOS** Complementary Metal-Oxide-Semiconductor  $\rightarrow$  可读写 RAM 芯片 (开机可按键进入设置)

**通过 BIOS 设置程序对 CMOS 参数进行设置**

## ② 按生产目的分类

**通用集成电路** 以供应市场为目的。

**专用集成电路** 专门为某种或几种特定功能而设计的数字集成电路。

- 通用集成电路（UIC）通常生产批量大、成本低、器件工作速度快；但集成度低、系统可靠性低、功耗大、保密性低、修改设计困难。
- 专用集成电路（ASIC）集成度高、功耗小、工作速度快、可靠性高、成本低等。

## ② 按生产目的分类

通用集成电路 以供应市场为目的。

专用集成电路 专门为某种或几种特定功能而设计的数字集成电路。

- 通用集成电路（UIC）通常生产批量大、成本低、器件工作速度快；但集成度低、系统可靠性低、功耗大、保密性低、修改设计困难。
- 专用集成电路（ASIC）集成度高、功耗小、工作速度快、可靠性高、成本低等。

### ③ 按制造方法分类

全定制方式 适用于设计成熟、生产批量非常大的场合。

半定制方式 适用于生产批量不大的场合。

门阵列法 用大量规则排列的预制门阵列形成电路中的基本门电路。

门海法 无通道门阵列法。

标准单元法 将各种电路元件或电路模块在物理版图级按照最佳设计原则构造成等高不等宽的“标准单元”。

可编程逻辑器件法 厂家制造芯片各层，设计者使用EDA工具设定其逻辑功能（编程）。

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

# 数字系统设计方式

## 传统方法 “积木式”

- 选择各种固定功能的通用集成电路作为“积木”。
- 按照所设计的系统功能搭建成数字电路。
- 缺点：所需要的芯片种类数量多而且数量大，设计者选择器件的局限性也很大，无设计的灵活性可言。

## ASIC 简化“积木”

- CPU+MEMORY+ASIC
- ASIC
- 缺点：制造完毕后对定制部分仍然无法修改。

## PLD 可编程逻辑器件

- 厂家制造芯片各层，设计者使用 EDA 工具设定其逻辑功能（编程）。

# 数字系统设计方式

## 传统方法

### “积木式”

- 选择各种固定功能的通用集成电路作为“积木”。
- 按照所设计的系统功能搭建成数字电路。
- 缺点：所需要的芯片种类数量多而且数量大，设计者选择器件的局限性也很大，无设计的灵活性可言。

## ASIC

### 简化“积木”

- CPU+MEMORY+ASIC
- ASIC
- 缺点：制造完毕后对定制部分仍然无法修改。

## PLD

### 可编程逻辑器件

- 厂家制造芯片各层，设计者使用 EDA 工具设定其逻辑功能（编程）。

# 数字系统设计方式

## 传统方法 “积木式”

- 选择各种固定功能的通用集成电路作为“积木”。
- 按照所设计的系统功能搭建成数字电路。
- 缺点：所需要的芯片种类数量多而且数量大，设计者选择器件的局限性也很大，无设计的灵活性可言。

## ASIC 简化“积木”

- CPU+MEMORY+ASIC
- ASIC
- 缺点：制造完毕后对定制部分仍然无法修改。

## PLD 可编程逻辑器件

- 厂家制造芯片各层，设计者使用 EDA 工具设定其逻辑功能（编程）。

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

## ① 早期

PROM 可编程只读存储器

EPROM 紫外线可擦除只读存储器

EEPROM 电可擦除只读存储器

### 缺点

- 由于结构的限制，它们只能完成简单的数字逻辑功能。
- 集成密度低、内部资源少。

## ① 早期

PROM 可编程只读存储器

EPROM 紫外线可擦除只读存储器

EEPROM 电可擦除只读存储器

### 缺点

- 由于结构的限制，它们只能完成简单的数字逻辑功能。
- 集成密度低、内部资源少。

## ② 发展

PLD 可编程逻辑器件 (与-或门阵列)

PLA 可编程逻辑阵列

PAL 可编程阵列逻辑

GAL 通用阵列逻辑

EPLD 可擦除可编程逻辑器件

CPLD 复杂可编程逻辑器件

FPGA 现场可编程门阵列

### 特点

- 结构紧密、速度快、可靠性高、设计周期短、设计成本低、保密性强等
- 采用 EDA 技术进行 CPLD/FPGA 数字系统设计

## ② 发展

PLD 可编程逻辑器件 (与-或门阵列)

PLA 可编程逻辑阵列

PAL 可编程阵列逻辑

GAL 通用阵列逻辑

EPLD 可擦除可编程逻辑器件

CPLD 复杂可编程逻辑器件

FPGA 现场可编程门阵列

### 特点

- 结构紧密、速度快、可靠性高、设计周期短、设计成本低、保密性强等
- 采用 EDA 技术进行 CPLD/FPGA 数字系统设计

### ③ 集成度

1975s PROM、PLA、PAL

1980s GAL(PAL+OLMC)

1985 EPLD

1990s CPLD、FPGA(EDA)

从低密度到高密度、从简单到复杂。

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

## ① 按照不同的结构划分

PLD 乘积项结构器件，其基本结构为与或阵列。

FPGA 广义 PLD。

查找表结构 由简单查找表组成的可编程门阵列。

多路开关结构 可编程的多路开关。

多级与非门结构 基于一个与-或-异或逻辑块。

## ② 按照不同的制造工艺划分

**熔丝/反熔丝编程技术** 一次性编程，适用于已定型的设计。

**浮栅编程技术** 可以重复擦除和编程，并且是非易失性器件。

**UVMOS** 器件集成度高、功耗低，具有可擦除、可重复编程的能力；但工作速度慢，擦除时间长。目前已很少使用。

**E<sup>2</sup>CMOS** 擦除时间短，可以很方便的反复擦除和重写，工作速度快。

**Flash CMOS** 采用读写块设备的方式，一次擦除一个数据块，擦除时间更短。

**静态存储器编程技术** 器件集成度高，工作速度块，功耗低，结构灵活；但 SRAM 为易失性器件。

### ③ 按照不同的集成度划分

**低密度器件** 包括 PROM、PLA、PAL 和 GAL 器件。

**高密度器件** 包括 EPLD、CPLD 和 FPGA 器件。

**PROM** 价格低、编程容易，适合于存储函数和数据表格；但工作速度慢，芯片面积利用率低。目前只适用于一些特定场合。

**PLA** 工作速度比 PROM 快；但器件资源利用率低，编程复杂。目前已很少使用。

**PAL** 器件工作速度快、价格低、编程容易等。

**GAL** PAL+OLMC(E<sup>2</sup>CMOS)，结构灵活、功耗低、工作速度快、易于加密、可电擦除和可重复编程等。

**EPLD** 采用了大量的 OLMC 和提供更大的与阵列，设计灵活性更强、集成度更高、工作速度更快；但内部互连能力弱。

**CPLD** LAB+IOE+PIA，结构灵活、集成度高、工作速度快、系统编程、设计时可以预测内部延时等；但功耗以及集成度和灵活性不如 FPGA。

**FPGA** CLB+IOB+ICR，集成度高、结构灵活、功耗低、工作速度快；但很难预测其内部传输时延。

### ③ 按照不同的集成度划分

**低密度器件** 包括 PROM、PLA、PAL 和 GAL 器件。

**高密度器件** 包括 EPLD、CPLD 和 FPGA 器件。

**PROM** 价格低、编程容易，适合于存储函数和数据表格；但工作速度慢，芯片面积利用率低。目前只适用于一些特定场合。

**PLA** 工作速度比 PROM 快；但器件资源利用率低，编程复杂。目前已很少使用。

**PAL** 器件工作速度快、价格低、编程容易等。

**GAL** PAL+OLMC(E<sup>2</sup>CMOS)，结构灵活、功耗低、工作速度快、易于加密、可电擦除和可重复编程等。

**EPLD** 采用了大量的 OLMC 和提供更大的与阵列，设计灵活性更强、集成度更高、工作速度更快；但内部互连能力弱。

**CPLD** LAB+IOE+PIA，结构灵活、集成度高、工作速度快、系统编程、设计时可以预测内部延时等；但功耗以及集成度和灵活性不如 FPGA。

**FPGA** CLB+IOB+ICR，集成度高、结构灵活、功耗低、工作速度快；但很难预测其内部传输时延。

## FPGA 与 CPLD

CPLD 使用乘积项技术，粒度粗些。

FPGA 使用查找表技术，粒度细些。

CPLD 基于 Flash 结构，程序掉电滞后不消失。

FPGA 基于 SRAM 结构，程序掉电之后就消失了，需要外接 EEPROM 来保存程序。

CPLD 门电路资源比较多，适合做组合逻辑电路。

FPGA 寄存器资源比较多，适合做时序逻辑电路。

SoC 厂家设计好不可改变的。

SoPC 基于 FPGA 的可以根据需要进行裁剪、修改。

可以用 FPGA/CPLD 实现 SoC。

## FPGA 与 CPLD

**CPLD** 使用乘积项技术，粒度粗些。

**FPGA** 使用查找表技术，粒度细些。

**CPLD** 基于 Flash 结构，程序掉电滞后不消失。

**FPGA** 基于 SRAM 结构，程序掉电之后就消失了，需要外接 EEPROM 来保存程序。

**CPLD** 门电路资源比较多，适合做组合逻辑电路。

**FPGA** 寄存器资源比较多，适合做时序逻辑电路。

**SoC** 厂家设计好不可改变的。

**SoPC** 基于 FPGA 的可以根据需要进行裁剪、修改。

可以用 FPGA/CPLD 实现 SoC。

## FPGA 与 CPLD

**CPLD** 使用乘积项技术，粒度粗些。

**FPGA** 使用查找表技术，粒度细些。

**CPLD** 基于 Flash 结构，程序掉电滞后不消失。

**FPGA** 基于 SRAM 结构，程序掉电之后就消失了，需要外接 EEPROM 来保存程序。

**CPLD** 门电路资源比较多，适合做组合逻辑电路。

**FPGA** 寄存器资源比较多，适合做时序逻辑电路。

**SoC** 厂家设计好不可改变的。

**SoPC** 基于 FPGA 的可以根据需要进行裁剪、修改。

可以用 FPGA/CPLD 实现 SoC。

# FPGA 与 CPLD

**CPLD** 使用乘积项技术，粒度粗些。

**FPGA** 使用查找表技术，粒度细些。

**CPLD** 基于 Flash 结构，程序掉电滞后不消失。

**FPGA** 基于 SRAM 结构，程序掉电之后就消失了，需要外接 EEPROM 来保存程序。

**CPLD** 门电路资源比较多，适合做组合逻辑电路。

**FPGA** 寄存器资源比较多，适合做时序逻辑电路。

**SoC** 厂家设计好不可改变的。

**SoPC** 基于 FPGA 的可以根据需要进行裁剪、修改。

可以用 FPGA/CPLD 实现 SoC。

# 内容提要

## 1 数字集成电路

- 概念
- 发展史
- 分类

## 2 可编程逻辑器件

- 产生
- 发展史
- 分类
- 应用

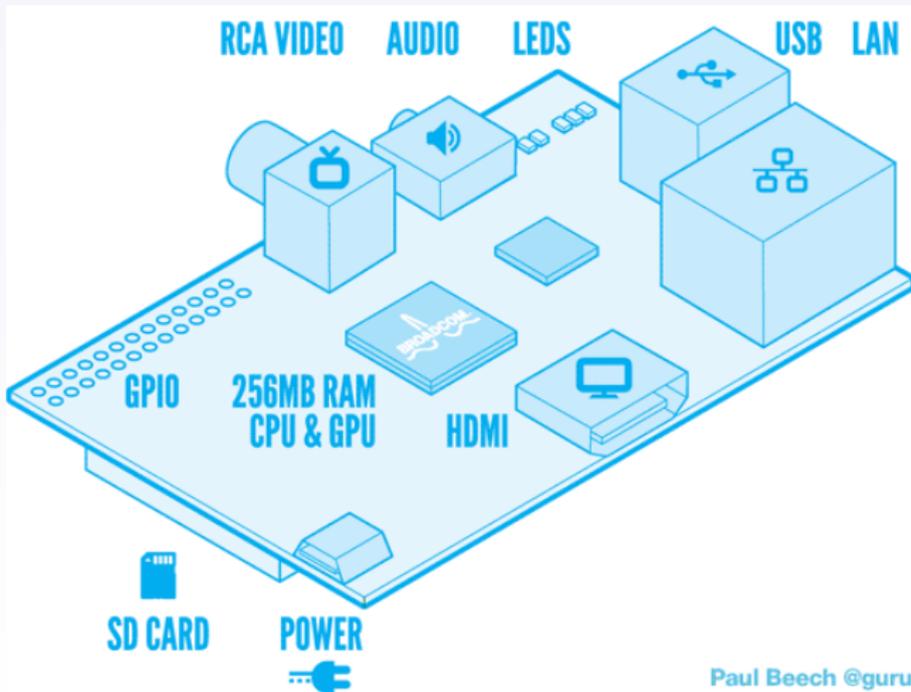
# CPLD/FPGA 应用

## 嵌入式

- 嵌入软核微处理器，比如设计一个微处理器。
- 嵌入高性能 DSP 模块以及大量的乘法器，比如设计一个专用的语音信号处理芯片。
- .....

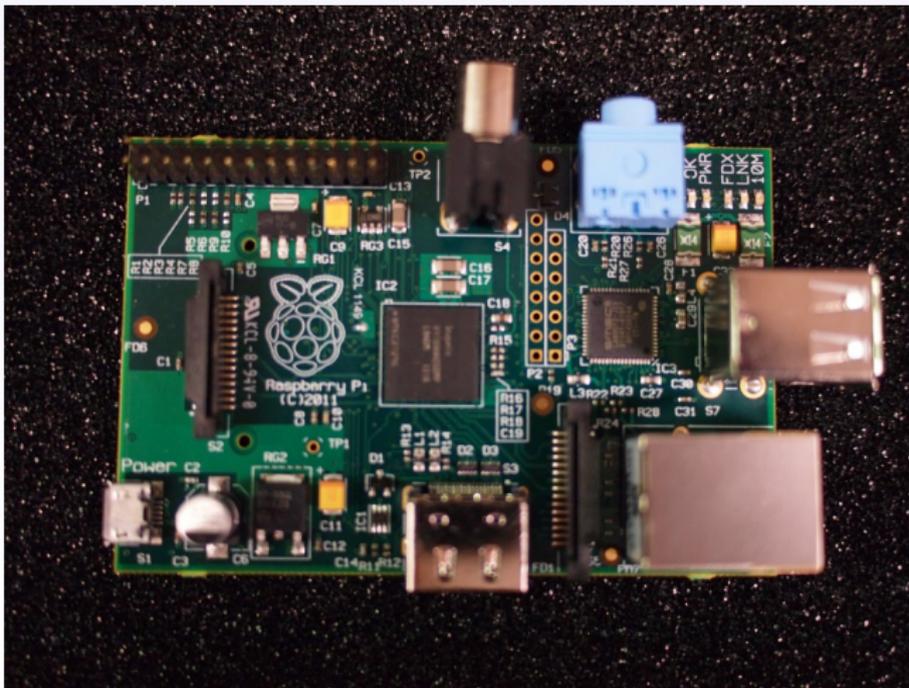
# Raspberry Pi

An ARM GNU/Linux box for \$25. Take a byte!

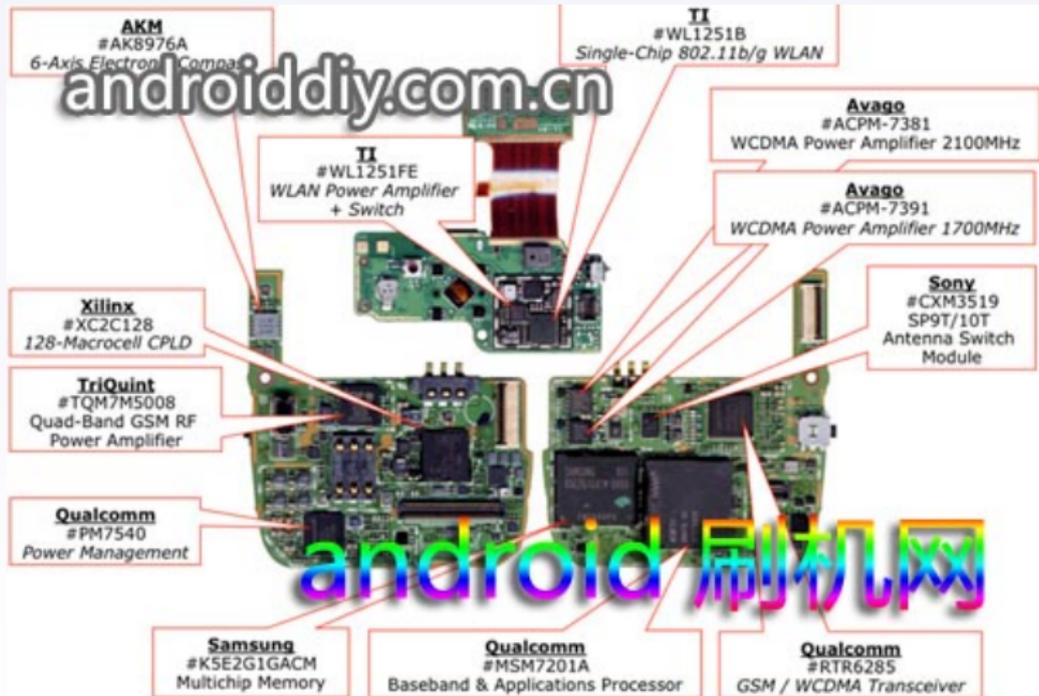


# Raspberry Pi

An ARM GNU/Linux box for \$25. Take a byte!

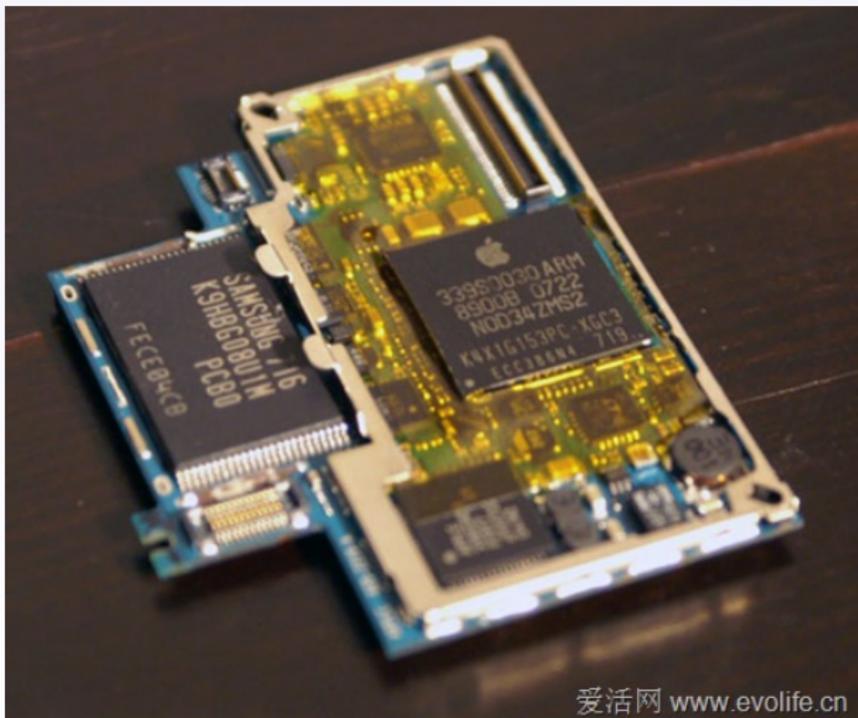


## HTC G1 with Android



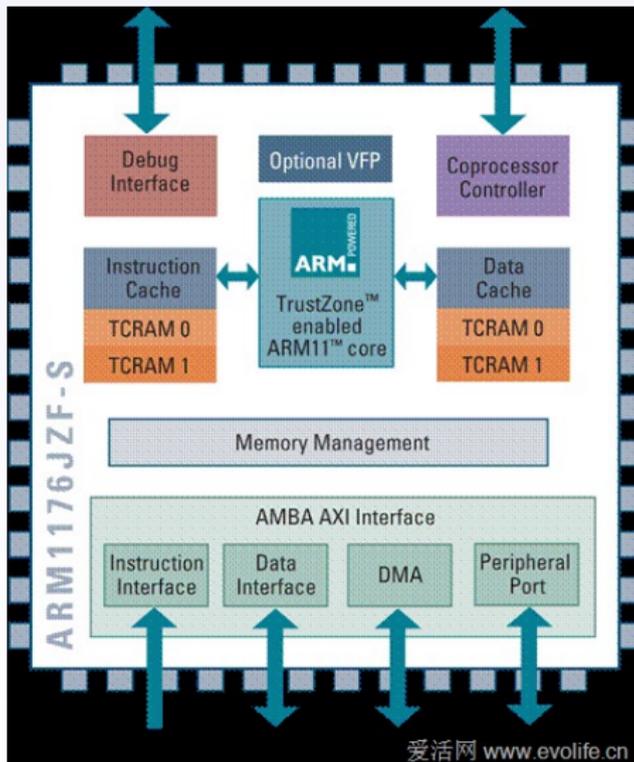
Copyright 2008. Portelligent is a registered TM of UBM LLC.

# iPhone 3GS



爱活网 [www.evolve.cn](http://www.evolve.cn)

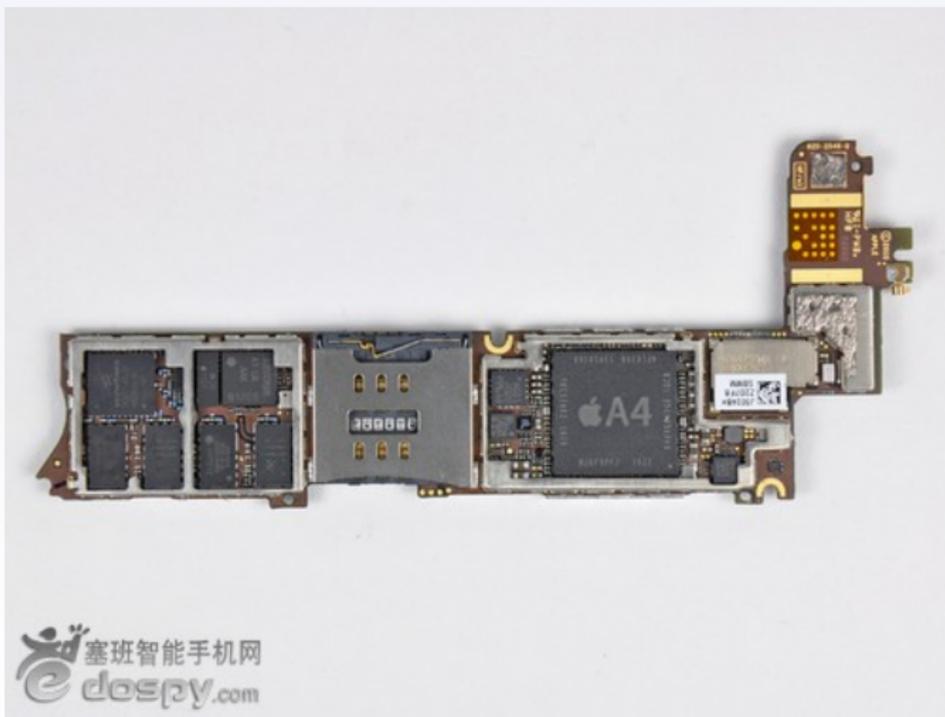
## iPhone 3GS



## iphone 4

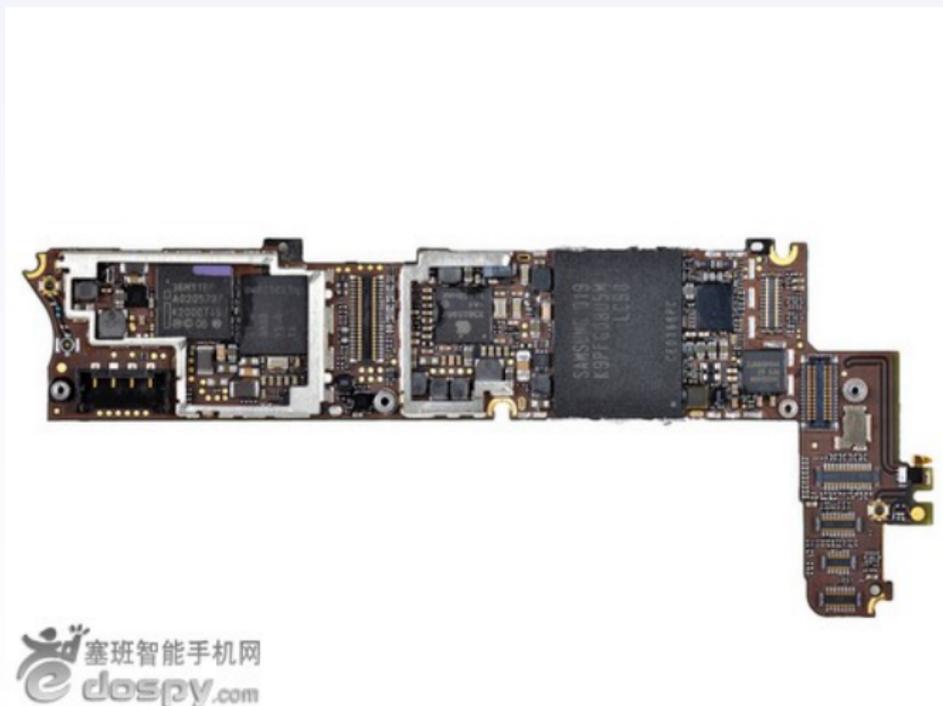


# iphone 4

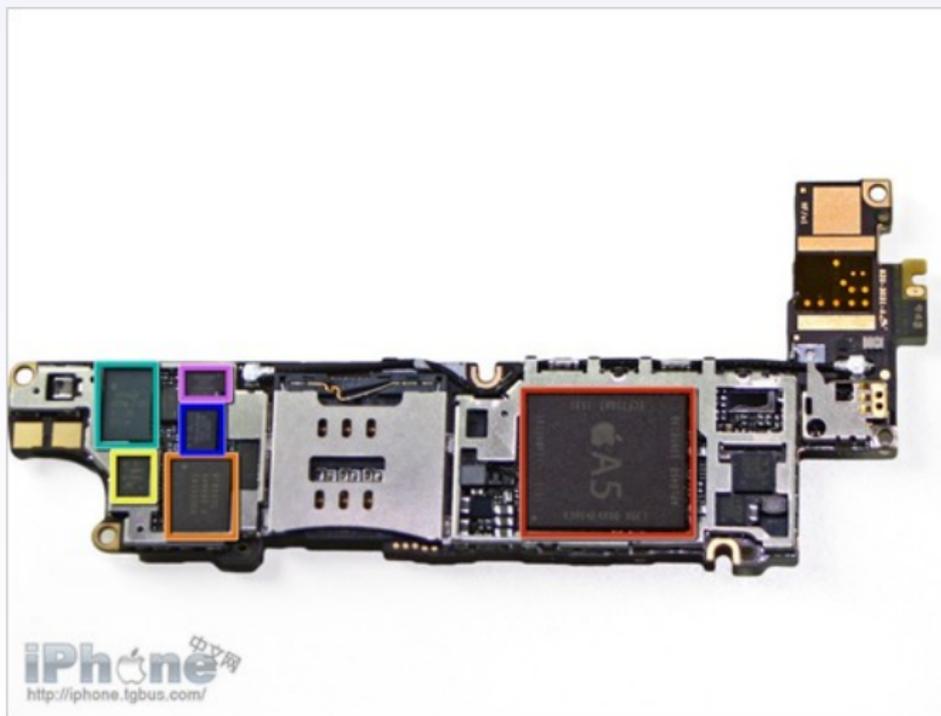



 塞班智能手机网  
 dospy.com

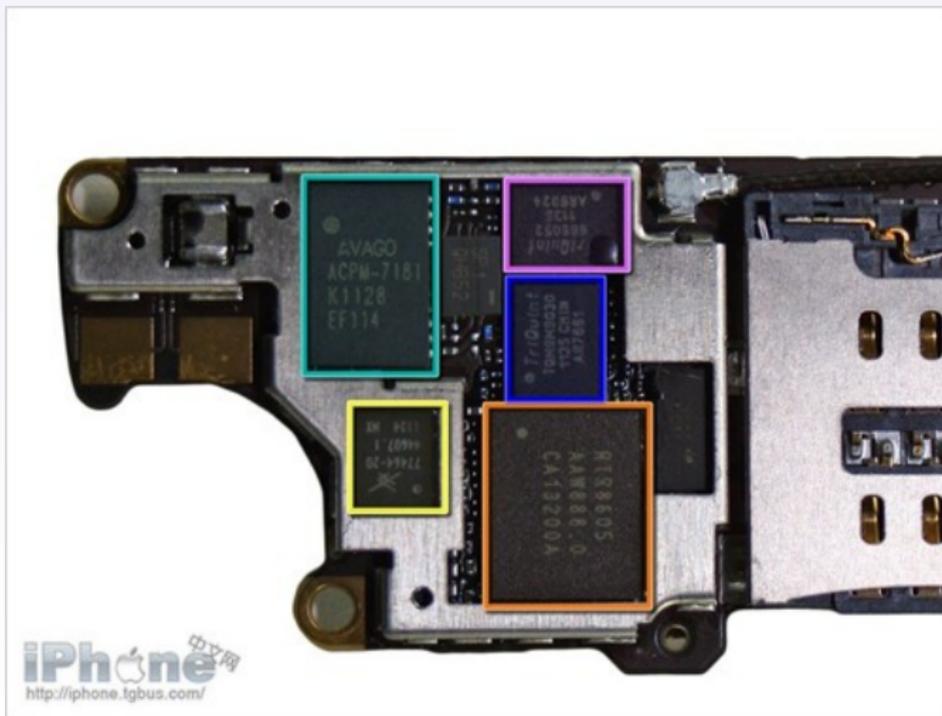
# iphone 4



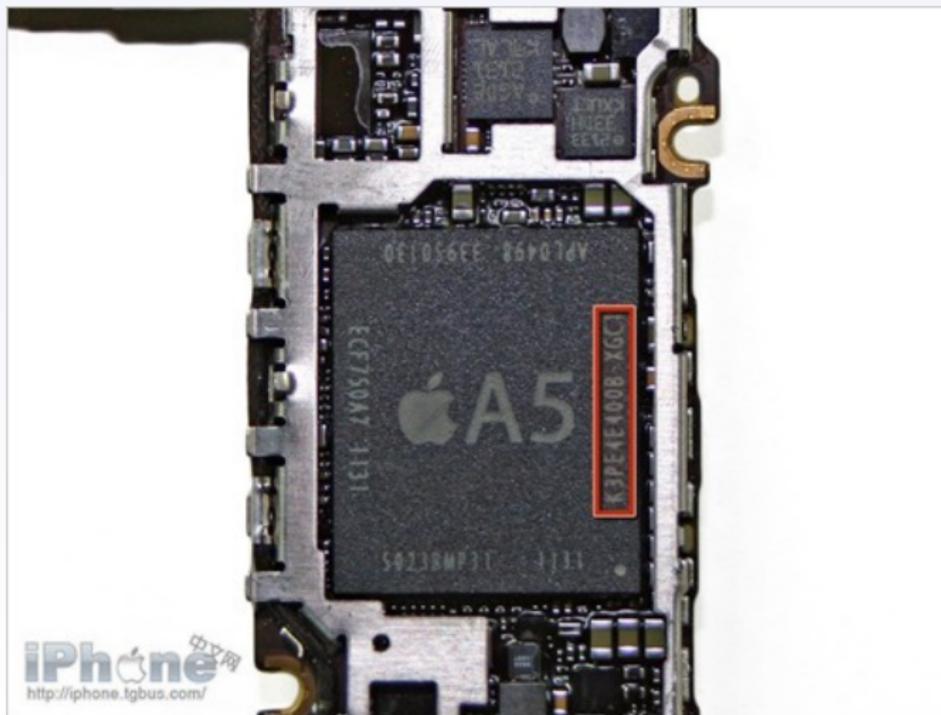
# iphone 4S



# iphone 4S



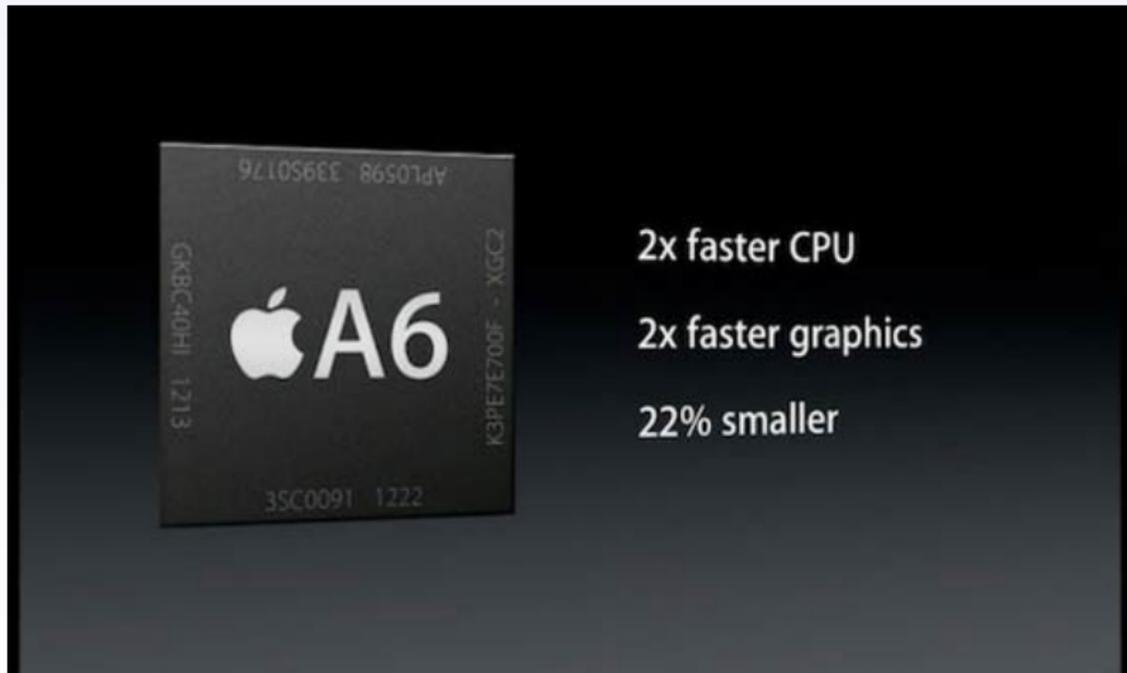
# iphone 4S



# iphone 5



# iphone 5



双核 CPU + 三核 GPU

# iphone 5S



64-bit desktop-class architecture

Modern instruction set

2x general-purpose registers

2x floating-point registers

Over 1 billion transistors

102mm<sup>2</sup> die size



THE VERGE

64-bit 双核 + M7 协处理器

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

## PMA

Power Matters Alliance

- Duracell Powermat 公司发起 (宝洁与无线充电技术公司 Powermat 合资经营)。
- 联盟成员：AT&T、Google、Starbucks。
- WiCC 充电卡比 SD 卡大一圈，内部嵌入用于电磁感应式非接触充电的线圈和电极等组件。

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

## WPC

Wireless Power Consortium

- 2008 年 12 月 17 日成立：创造和促进市场广泛采用与所有可再充电电子设备兼容的国际无线充电标准 (Qi)。
- 目前 WPC 成员增至 138 家：Philips、TI、National Semiconductor、Fulton Innovation、ConvenientPower、Logitech、Sanyo、深圳桑菲消费通信有限公司、Olympus、Version、HTC、Nokia、海尔、华为，等。
- 通用性和便携性；充电效率高、距离近。
- 牙刷、LED 蜡烛、遥控器、医疗设备、电动工具、数码相机、电话，等。
- 诺基亚 Lumia 920、诺基亚 Lumia 820、谷歌 Nexus 4，等。

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

## A4WP

Alliance for Wireless Power

- 联盟创始：美国高通公司、韩国三星公司、Powermat 公司。
- 联盟成员：Ever Win Industries、Gill Industries、Peiker Acoustic、SK Telecom，等。
- 包括便携式电子产品和电动汽车等在内的电子产品无线充电设备；充电效率低、距离远。

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

## 优势

- 方便
- 一对多充
- 智能
- 安全

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

## 障碍

- 距离短
- 电能转换功率低
- 易遭干扰
- 辐射

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

什么更适合无线充电？

# 无线充电：能量传输的革命

## 标准化

MIT 2007 年 WiTricity (Wireless Electricity) TED 电磁共振。

电磁感应 Wireless Power Consortium (WPC)、Power Matters Alliance (PMA)。

电磁共振 Alliance for Wireless Power (A4WP)。

无线电波 Powercast、Philips。

光电转换 Lockheed Martin、Laser Energetics。

## 手机充电

- 用体热为手机充电 (Power Felt)
- 用太阳能进行手机充电 (Changers)
- 将声音转化为电能
- 通过鞋边走路边对手机充电
- 超声波充电 (uBeam)