

电子信息工程导论

第一篇 微電子技術

銘傳大學資工系

楊健貴

學生的疑問迷茫？

- 我们所面对的学科是做什么的？
- 它是如何发展起来的？
- 它在科学上很重要吗？
- 它和别的学科是什么关系？
- 它的发展前景怎么样？



电子信息工程导论

- 是通信工程,电子信息工程、信息工程、电气工程及其自动化等专业学生的一门基础性课程
- 主要通过电子信息领域中涉及的基本概念、原理和方法的介绍,让学生了解本学科的课程体系和发展趋势。
- 电子信息学科与其他学科相比具有知识面范围广学科内容更新快等显著的特点。

电子信息科学

- 电子信息学科主要包括微电子技术、计算机技术、通信技术和软件技术等内容,由于各种技术之间的相互渗透,信息技术的集成化、融合化的特征越来越显著,其越来越表现为技术群的协同发展,例如微电子技术的发展、集成电路的出现,首先引起了计算机技术的巨大变革,而以计算机技术、网络技术为代表的信息技术群则带来了通信产业的革命,并渗透到各个学科和领域

参考书籍

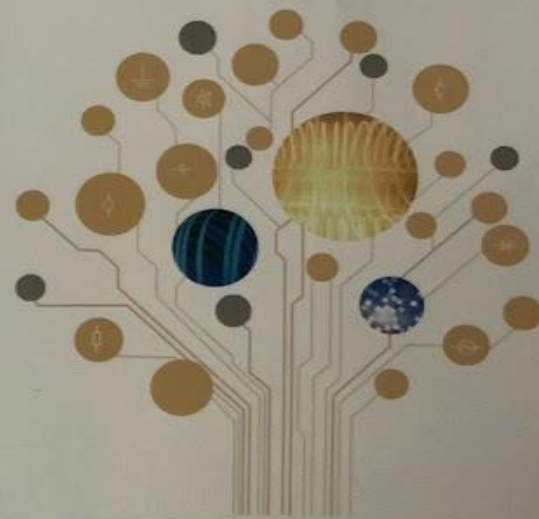


教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

I ntroduction to Electronic Information Science and Engineering

电子信息科学与工程导论

王丽丽 张玉玲 谢艳辉 主 编
丁 宏 于 泓 柳婵娟 副主编



清华大学出版社



电子信息科学



1. 微电子技术

1.1 半导体物理

1.2 微机电系统

1.3 电子电路

1.4 超大规模集成

1.5 电路与系统



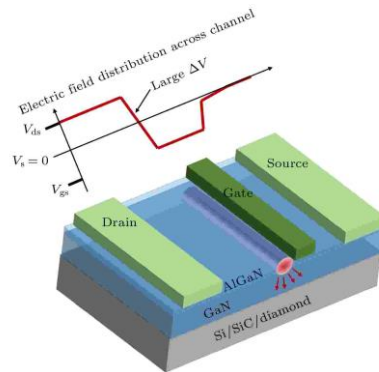
1.1 -1什么是半导体？

- 半导体是导电性介于导体和绝缘体中间的一类物质。与导体和绝缘体相比，半导体材料的发现是最晚的，直到**20世纪30年代**，当材料的提纯技术改进以后，半导体的存在才真正被学术界认可。
- 半导体主要由四个组成部分组成：集成电路，光电器件，分立器件，传感器，由于集成电路又占了器件**80%**以上的份额，因此通常将半导体和集成电路等价。集成电路按照产品种类又主要分为四大类：微处理器，存储器，逻辑器件，模拟器件

1.1-2什么是晶体管呢？

- 严格意义上讲，晶体管泛指一切以半导体材料为基础的单一元件，包括各种半导体材料制成的二极管、三极管、场效应管、可控硅等。晶体管有时多指晶体三极管。由半导体材料制造出了晶体管，由晶体管组成了芯片。

1.1 -3 半导体物理



- 半导体中，硼扮演的即是受体的角色，掺杂了硼的硅半导体就是p型半导体。反过来说，如果五价元素如磷掺杂至硅半导体时，磷扮演施体的角色，掺杂磷的硅半导体成为n型半导体。一个半导体材料有可能先后掺杂施体与受体，而如何决定此外质半导体为n型或p型必须视掺杂后的半导体
- 互补式金属氧化物半导体（英语：Complementary Metal-Oxide-Semiconductor，缩写作CMOS；简称互补式金氧半导体），是一种集成电路的设计制程，可以在硅质晶圆模板上制出NMOS（n-type MOSFET）和PMOS（p-type）

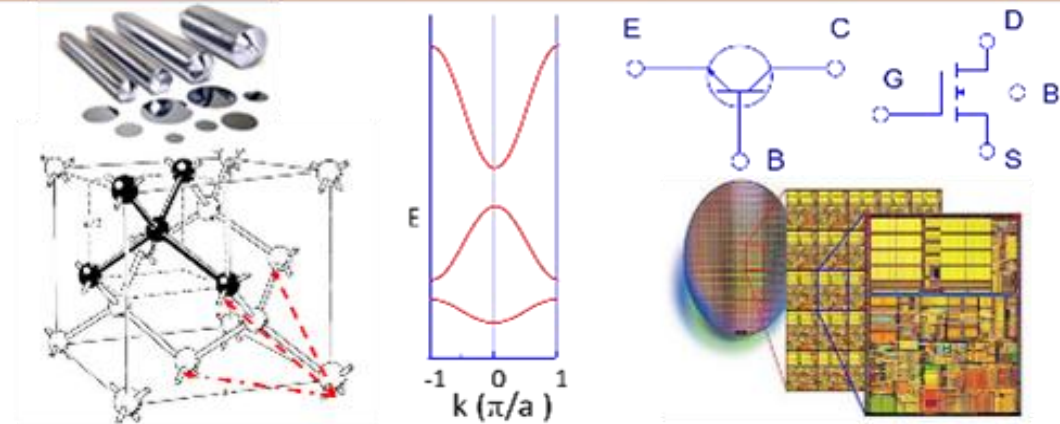
1.1-4 半导体器件制造

- **半导体**制程是被用于制造芯片，一种日常使用的电气和电子器件中集成电路的处理工艺。它是一系列照相和化学处理步骤，在其中电子电路逐渐形成在使用纯**半导体**材料制作的芯片上。硅是今天最常用的**半导体**材料，其他还有各种复合**半导体**材料。从一开始晶圆加工，到芯片封装测试，直到出货，通常需要**6到8周**，并且是在晶圆厂内完成。

- 尖端製程
- 成熟製程

半导体物理与器件原理

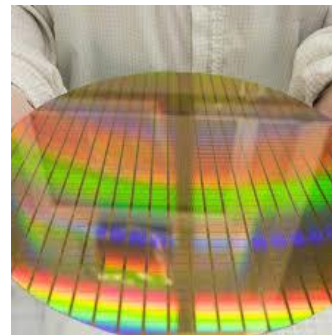
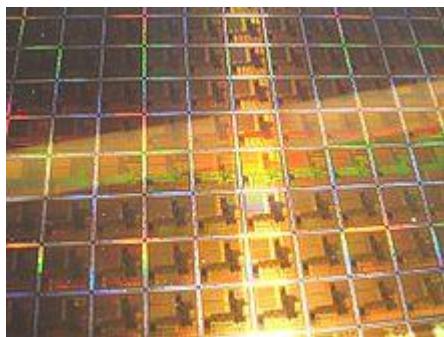
复旦大学 蒋玉龙 教授



1.1-5 半导体集成趋势

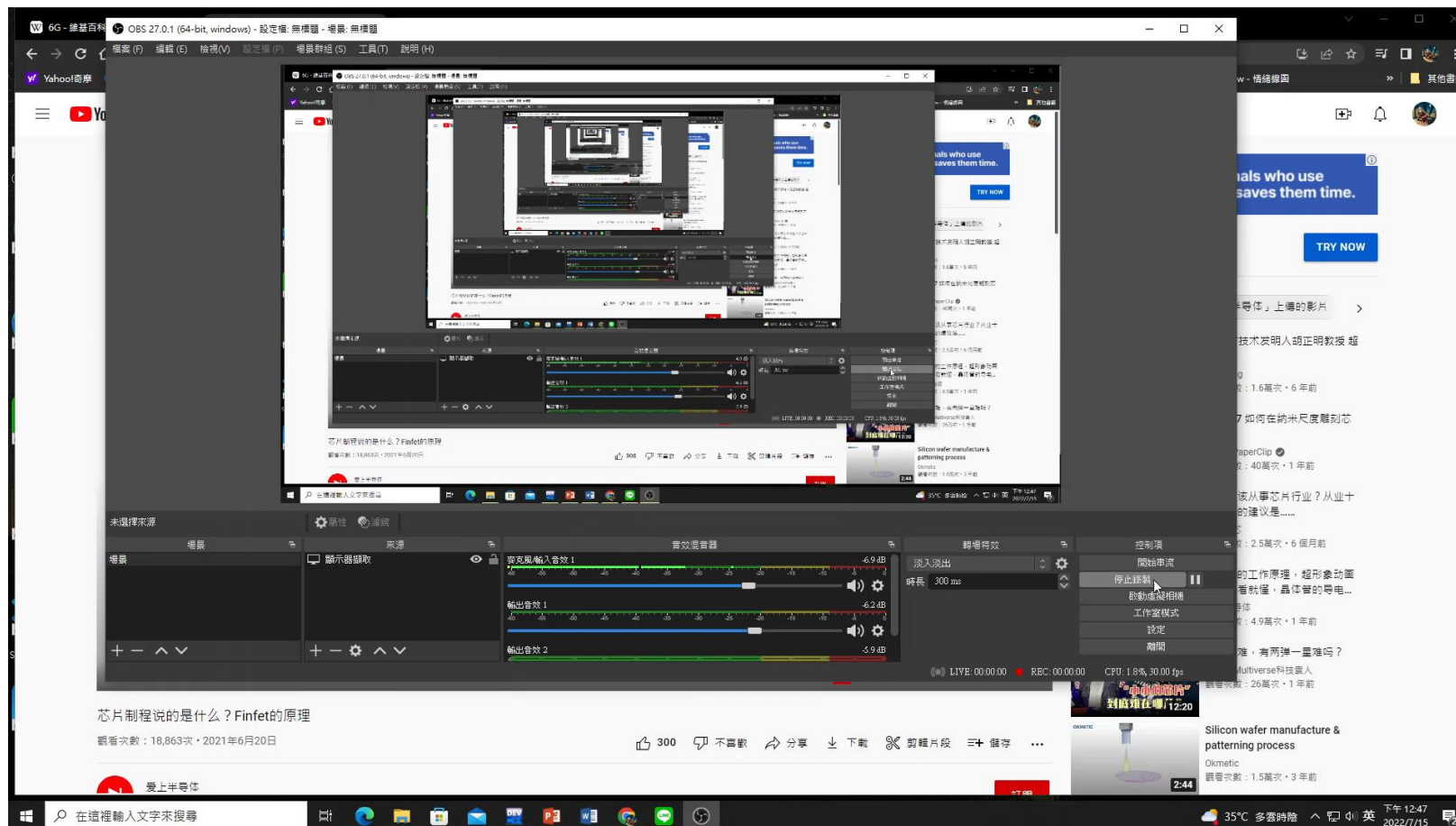
- 半导体和集成电路专用装备领域,生产设备趋向于集成化和生产线自动化,设备制造与半导体集成电路工艺越来越密不可分;在新型电子元器件设备领域,电子元器件在保持微型化
- 同时,向组件化、模块化、多功能化、无源/有源元器件集成化发展
- 半导体的迅猛发展为我们的科技爆炸提供了基础。当**10nm**的芯片已经商用，**7nm,5nm,3nm,2nm,...**制程已经接近极限的情况下，摩尔定律似乎已经开始走向终点，半导体下一个转折点在哪里，我们还不能确定，但目前量子技术的发展似乎给我们指明了方向。

1.1-6晶圆



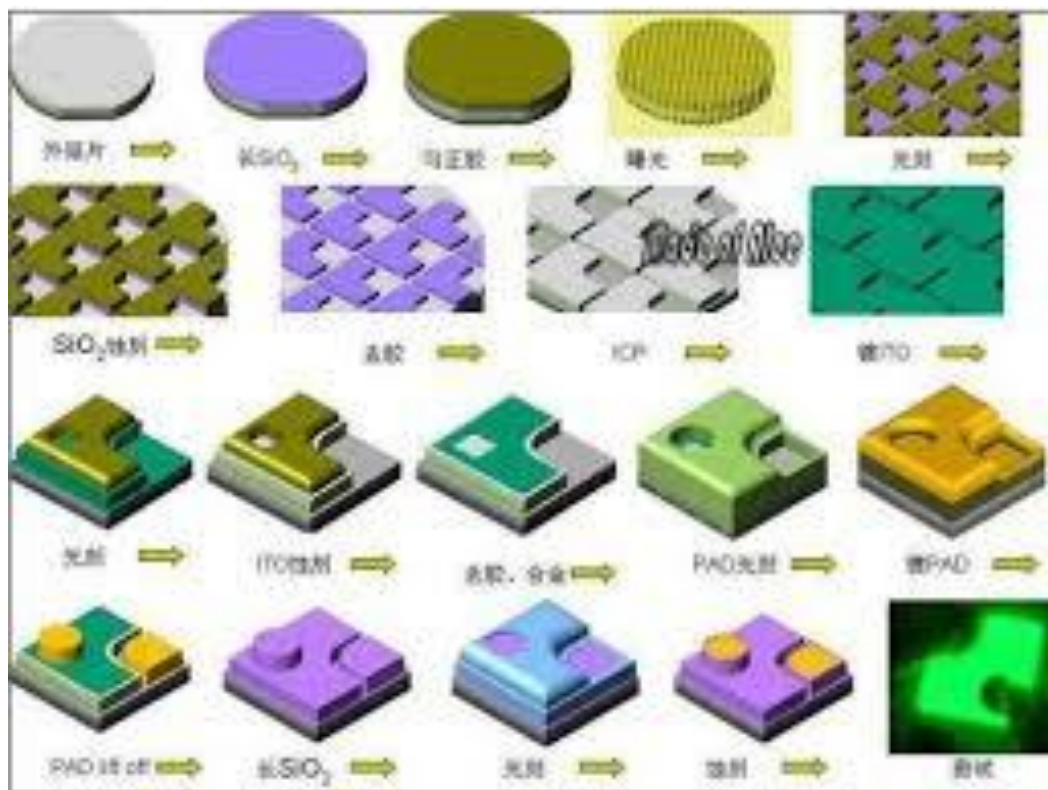
- **晶圆**越大，同一**圆**片上可生产的集成电路（integrated circuit, IC）就越多，可降低成本；但对材料技术和生产技术的要求更高，例如均匀度等等的问题，使得近年来**晶圆**不再追求更大，有些时候厂商会基于成本及良率等因素而停留在成熟的旧制程。
- **晶圆代工**或**晶圆专工**（Foundry），是半导体产业的一种商业模式，指接受其他无厂半导体公司（Fabless）委托、专门从事**晶圆**成品的加工而**制造**集成电路，并不自行从事产品设计与后端销售的公司。在纯**晶圆**代工公司出现之前，**晶片**设计公司只能向整合组件**制造**厂购买空闲的**晶圆**

1.1-7 芯圓製造發展



1.1-8 半导体器件制造

- 半导体制程是被用于**制造**芯片，一种日常使用的电气和电子器件中集成电路的处理工艺。它是一系列照相和化学处理步骤，在其中电子电路逐渐形成在使用纯半导体材料制作的**晶片**上。硅是今天最常用的半导体材料，其他还有各种复合半导体材料。从一开始**晶圆**加工，到芯片封装测试，直到出货，通常需要**6到8周**，并且是在**晶圆**厂内完成。



1.1-9无厂半导体公司

- 无厂半导体公司（英语：**fabless semiconductor company**）是指只从事硬件芯片的电路设计，后再交由晶圆代工厂制造，并负责销售的公司。由于半导体组件制造耗资极高，将集成电路产业的设计和制造两大部分分开，使得无厂半导体公司可以将精力和成本集中在市场研究和电路设计上。而专门从事晶圆代工的公司则可以同时为多家无厂半导体公司制造生产，尽可能提高其生产线的利用率（英语：Capacity utilization），并将资本与营运投注在昂贵的晶圆厂。「无厂半导体公司—晶圆代工模式」的概念最初是由Xilinx的伯尼·冯德施密特（英语：Bernard V. Vonderschmitt）和C&T的戈登·A.坎贝尔（Gordon A. Campbell）所提出

1.1-10无厂半导体企業

 2020年度全球營收前5的無廠半導體企業[9]			
排序	公司	國家	營收（百萬美元）
1	高通 （Qualcomm）	美國	19,407
2	博通 （Broadcom）	美國	17,745
3	輝達 （NVIDIA）	美國	15,412
4	聯發科技 （MediaTek）	中華民國	10,929
5	超微半導體 （AMD）	美國	9,763

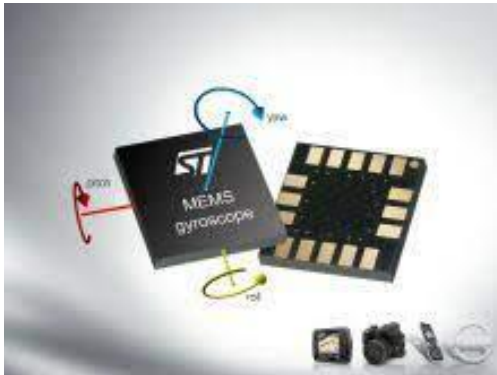
1.1-11 晶圆代工企業

2016年度全球營收前10的晶圓代工企業（不計IDM）[2]						
排序	公司	生產模式	國家（總部位置）	營收（百萬美金）	較2015年成長	市場佔有率
1	台積電	純代工	中華民國	29488	11%	59%
2	格羅方德	純代工	美國	5545	10%	11%
3	聯華電子	純代工	中華民國	4582	3%	9%
4	中芯國際	純代工	中華人民共和國	2921	31%	6%
5	力晶科技	純代工	中華民國	1275	1%	3%
6	高塔半導體	純代工	以色列	1249	30%	2%
7	世界先進	純代工	中華民國	800	9%	2%
8	華虹半導體	純代工	中華人民共和國	712	10%	1%
8	東部高科	純代工	大韓民國	672	13%	1%
10	X-FAB	純代工	歐洲	510	54%	1%

1.1-12芯片制造



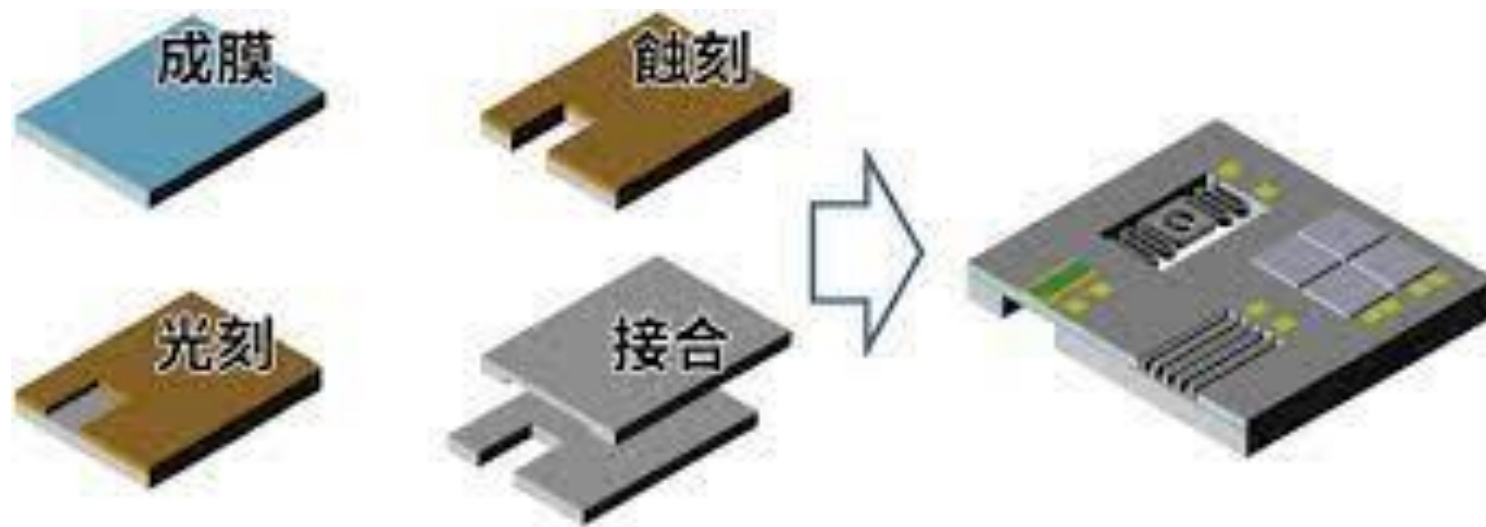
1.2 微机电系统



- 微机电系统（英语：Microelectromechanical Systems，缩写为MEMS）是将[微电子技术](#)与[机械工程](#)融合到一起的一种工业技术，它的操作范围在[微米](#)尺度内。微机电系统由尺寸为**1至100微米**（**0.001至0.1毫米**）的部件组成，一般微机电装置的通常尺寸在**20微米到一毫米**之间。微机电系统在日本被称作**微机械**（micromachines），在欧洲被称作**微系统技术**（Micro Systems Technology，MST）。
- 比微机电系统更小的，在[奈米](#)范围的类似技术被称为[奈机电系统](#)（nanoelectromechanical systems，NEMS）。

1.2-1微机电系统的实现

- 微机电系统的实现得力于用来制造电子装置的半导体加工技术，并加以改造，使微机电系统可以应用到实际上。这些加工方式包含了微米等级的模塑成型（molding）、镀层（plating）、湿法蚀刻（氢氧化钾，四甲基氢氧化铵）和干法蚀刻（RIE和DRIE）、放电加工（EDM），和其他一些能够制造微小型装置的加工方式。



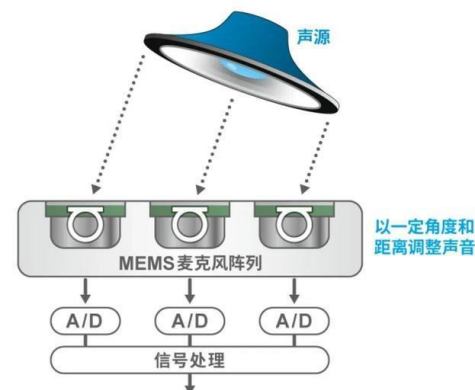
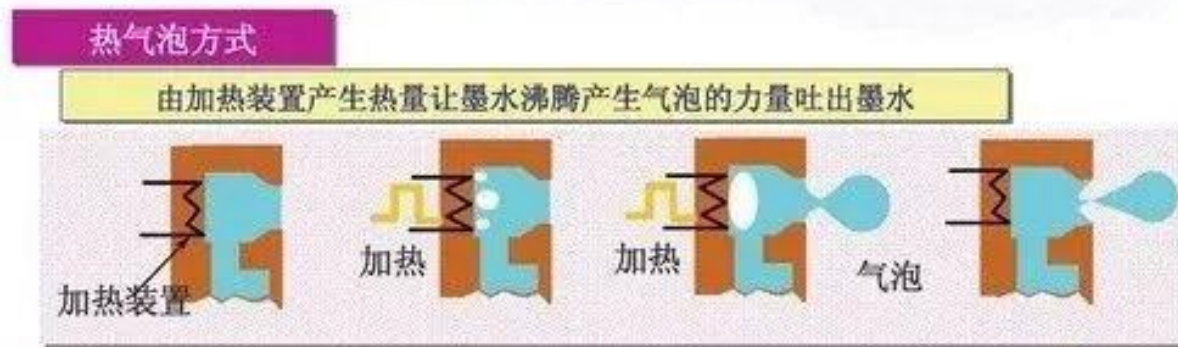
【基本的MEMS工藝】

1.2-2微机电系统的介绍

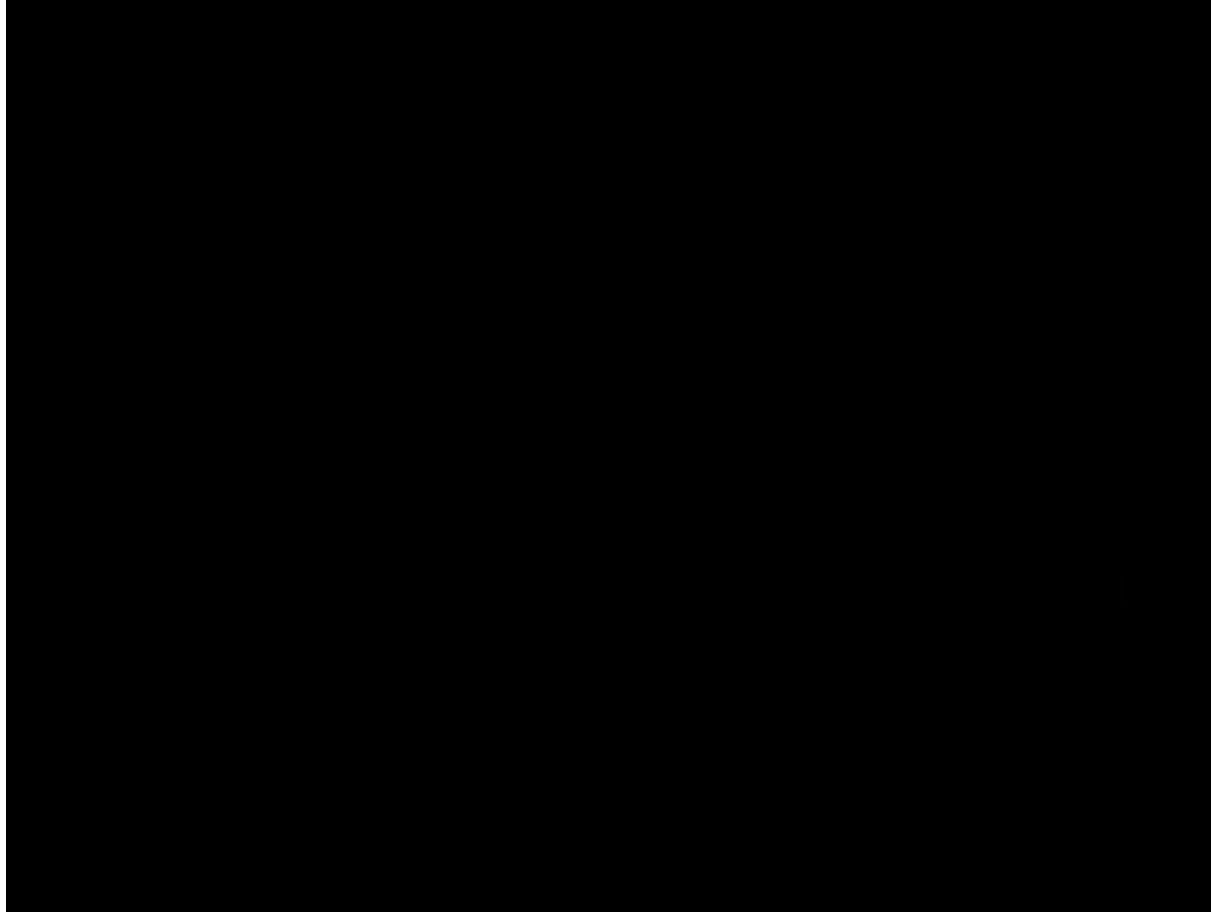
- 微机电系统是微米大小的机械系统，其中也包括不同形状的三维平板印刷产生的系统。这些系统的大小一般在微米到毫米之间。在这个大小范围中日常的物理经验往往不适用。比如由于微机电系统的面积对体积比比一般日常生活中的机械系统要小得多，其表面现象如静电、润湿等比体积现象如惯性或热容量等要重要。它们一般是由类似于生产半导体的技术如表面微加工、体型微加工等技术制造的。其中包括更改的硅加工方法如压延、电镀、湿蚀刻、干蚀刻、放电加工等等。

1.2-3微机电系统的应用

- 在喷墨打印机里作为压电组件
- 在汽车里作为加速规来控制碰撞时安全气囊防护系统的施用
- 在汽车里作为陀螺来测定汽车倾斜，控制动态稳定控制系统
- 在轮胎里作为压力感测器，在医学上测量血压
- 数字微镜芯片
- 微型麦克风数组
- MEMS微型投影仪
- 在计算机网络中充当光交换系统，这是一个与智能型灰尘技术的融合

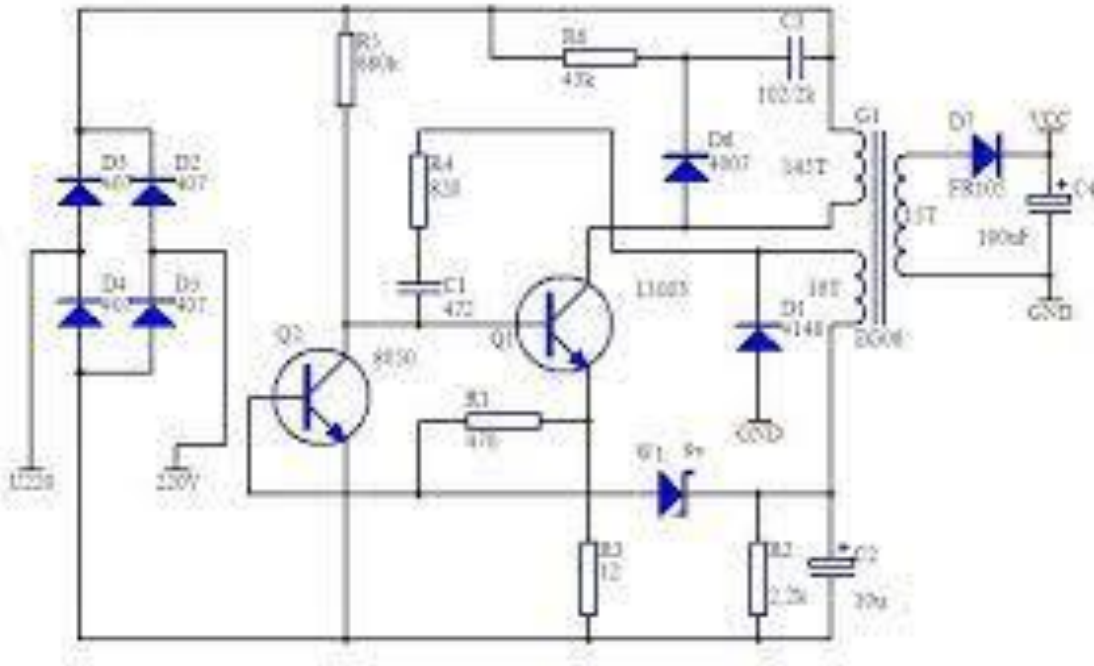


1.2-4 3D印表機



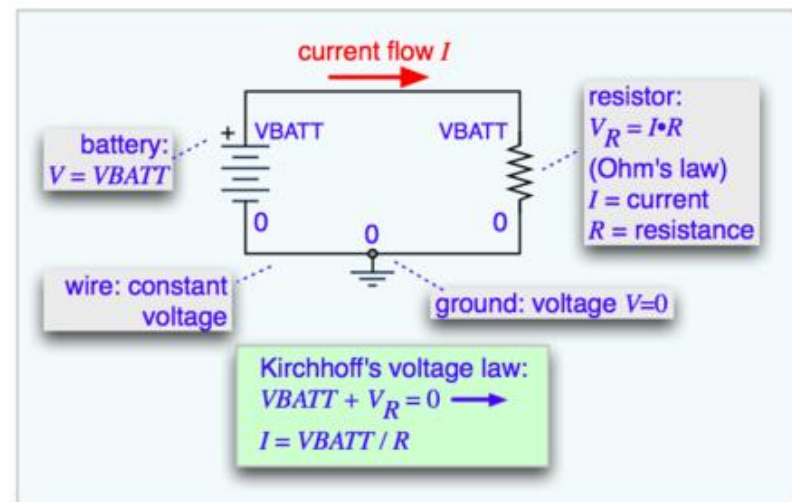
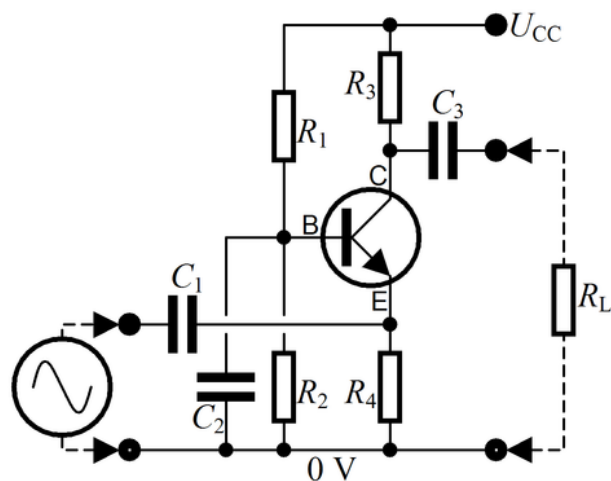
1.3 电子电路

- **电子电路**可以分为模拟**电路**和数字电路。自然界产生的连续性物理自然量，将连续性物理自然量转换为连续性电信号，运算连续性电信号的**电路**即称为模拟电路。模拟**电路**对电信号的连续性电压、电流进行处理。最典型的模拟**电路**应用包括：放大**电路**、振荡**电路**、线性运算**电路**（加法、减法、乘法、除法、微分和积分电路）



1.3-1 高频电子电路

- 放大并作为反馈输入混频器。稳态检测似乎非常容易，不过启动电路是较为复杂的。为了建立平稳的 $1/2$ 频率反馈，半频时的放大器增益必须大于单位频率时，而相移也必须是 2π 的整数倍。有小量高频信号输入的自激振荡器与其输入信号保持一致。
- 超高频、大功率、低噪声集成电路的深入应用,通信设备、计算机设备的性能迅速提高



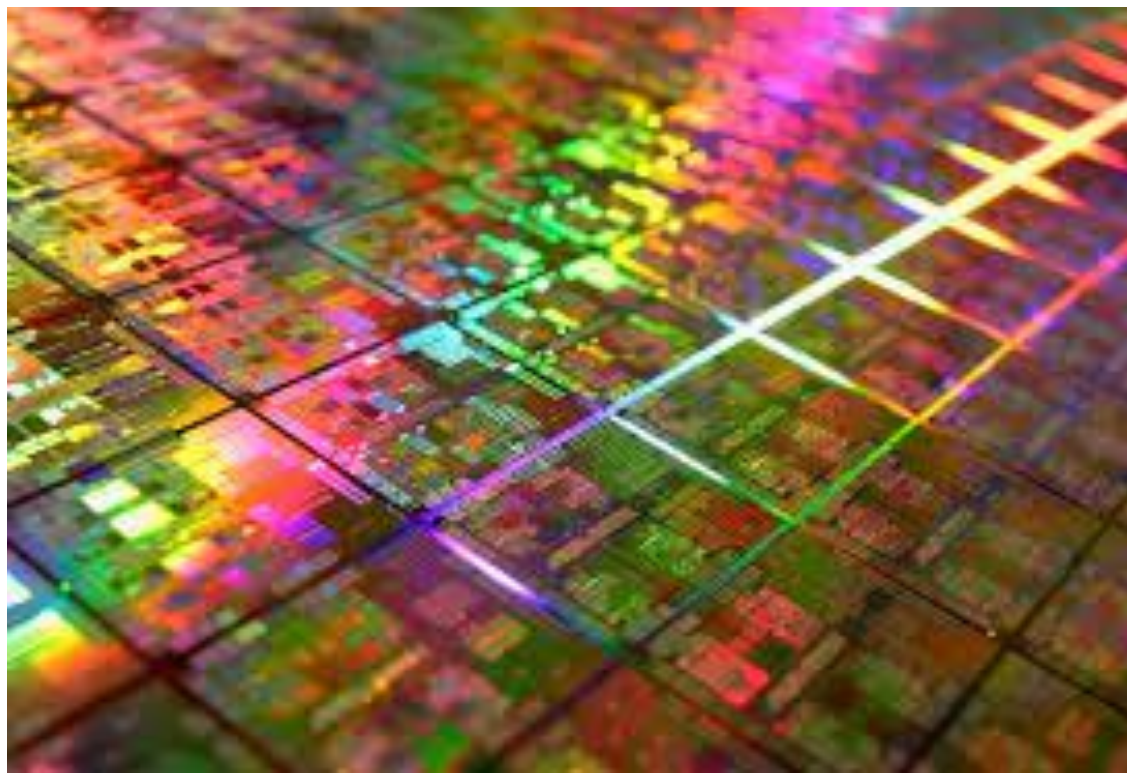
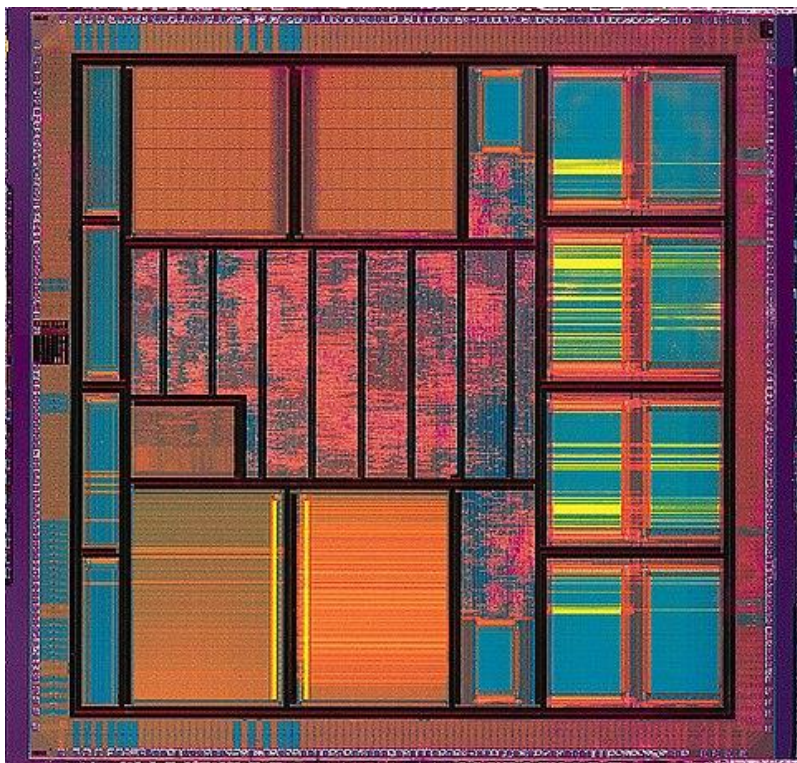
1.3-2 电子滤波器

- 最简单的线性滤波器的电子实现是电阻、电感和电容的组合。这些滤波器有RC、RL、LC和RLC等多种形式。所有这些类型的滤波器总称为无源滤波器，这是因为它们都不需外部电源供电。电感阻止高频信号通过而允许低频信号通过，电容的特性却相反。信号能够通过电感的滤波器、或者通过电容连接到地的滤波器对于低频信号的衰减要比高频为多。



1.4 超大规模集成

- 超大规模集成电路（英语：very-large-scale integration，缩写：**VLSI**），是一种将大量晶体管组合到单一芯片的集成电路，其集成度大于大规模集成电路。



1.4-1 集成电路设计

- 集成电路设计（英语：Integrated circuit design, IC design），根据当前集成电路的**集成规模**，亦可称之为**超大规模集成电路设计**（VLSI design），是指以**集成电路**、**超大规模集成电路**为目标的设计流程。集成电路设计涉及对电子器件（例如晶体管、电阻器、电容器等）
- **超大规模集成电路**（VLSI）芯片的功能设计、综合、验证、物理设计（包括布局、布线、版图、设计规则检查等）等流程的设计方式。在电子设计自动化出现之前，设计人员必须手工完成**集成电路**的设计、布线等工作。

1.4-2 电子束曝光

- 精度越高。根据德布罗意的物质波理论，电子是一种波长极短的波。这样，电子束曝光的精度可以达到奈米量级，从而为制作奈米线提供了很有用的工具。电子束曝光需要的时间长是它的一个主要缺点。为了解决这个问题，奈米压印术应运而生称光刻 奈米压印术。电子束曝光在半导体工业中被广泛用于研究下一代**超大规模集成电路**。



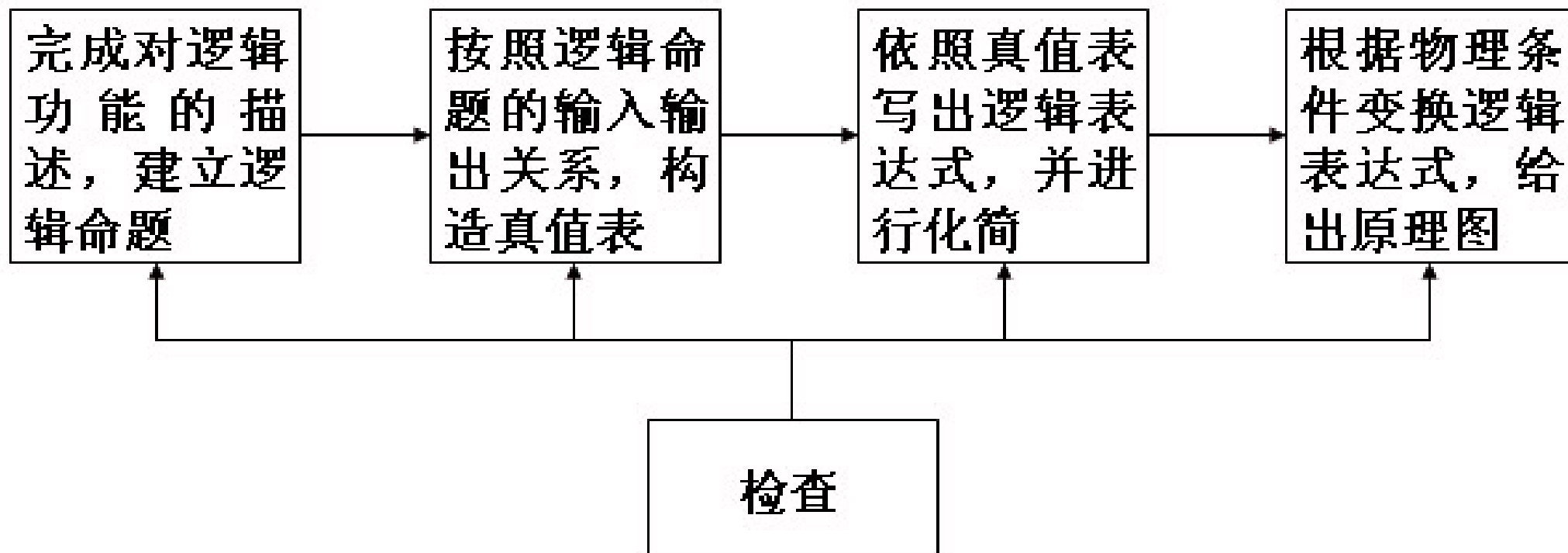
1.5 电路与系统

- 在数字电路理论中，**组合逻辑电路**（英语：Combinatorial logic, combinational logic）是一种逻辑电路，它的任一时刻的稳态输出，仅仅与该时刻的输入变量的取值有关，而与该时刻以前的输入变量取值无关。相对于组合逻辑电路，序向逻辑电路的输出结果除了依照目前的输入外也和先前的输入有关系。从电路结构分析，组合电路由各种逻辑闸组成，网络中无存储元件，也无回馈线。



$$F_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

1.5-1 组合电路设计的步骤



1.5-2 最小硬件系统

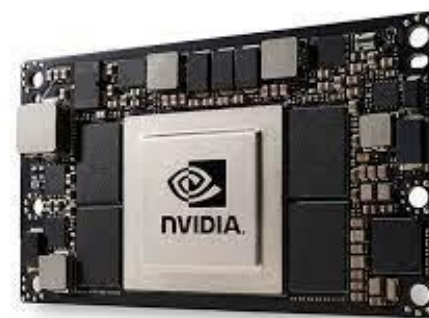
- 最小硬件系统是指**嵌入式系统中**，由其核心**电路**构成的硬件系统。通常是指由处理器以及SDRAM和FLASH构成的存储**电路**，再加上一些必要的辅助**电路**构成的核心**系统**。嵌入式**系统**的硬件设计与其应用场合和应用**系统**的不同而有所差别。一般情况下，用户可以根据自己的要求，选用合适的微处理器类型，根据相应的接口**电路**



樹梅派4



Nvidia Jetson Nano



高效能邊緣端人工智能
Nvidia Jetson TX2

1.5-3 嵌入式系统

软件写进去

- 现代嵌入式系统通常是基于微控制器（如含集成内存和/或外设接口的中央处理单元）的，但在较复杂的系统中普通微处理器（使用外部存储芯片和外设接口电路）也很常见。通用型处理器、专门进行某类计算的处理器、为手持应用订制设计的处理器等，都可能应用到嵌入式系统。常见的专用处理器有数字信号处理器。

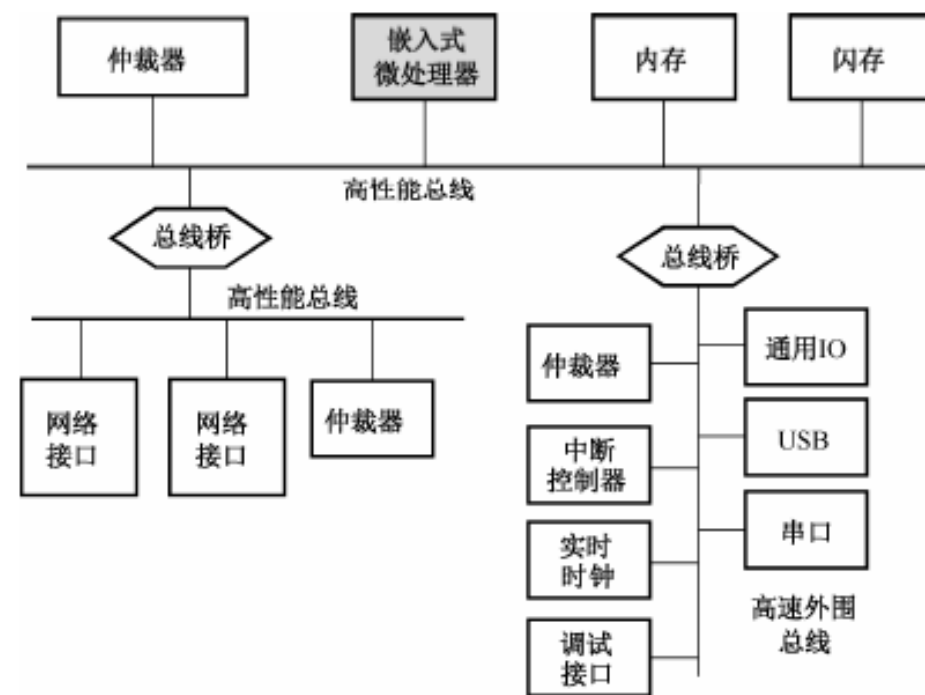
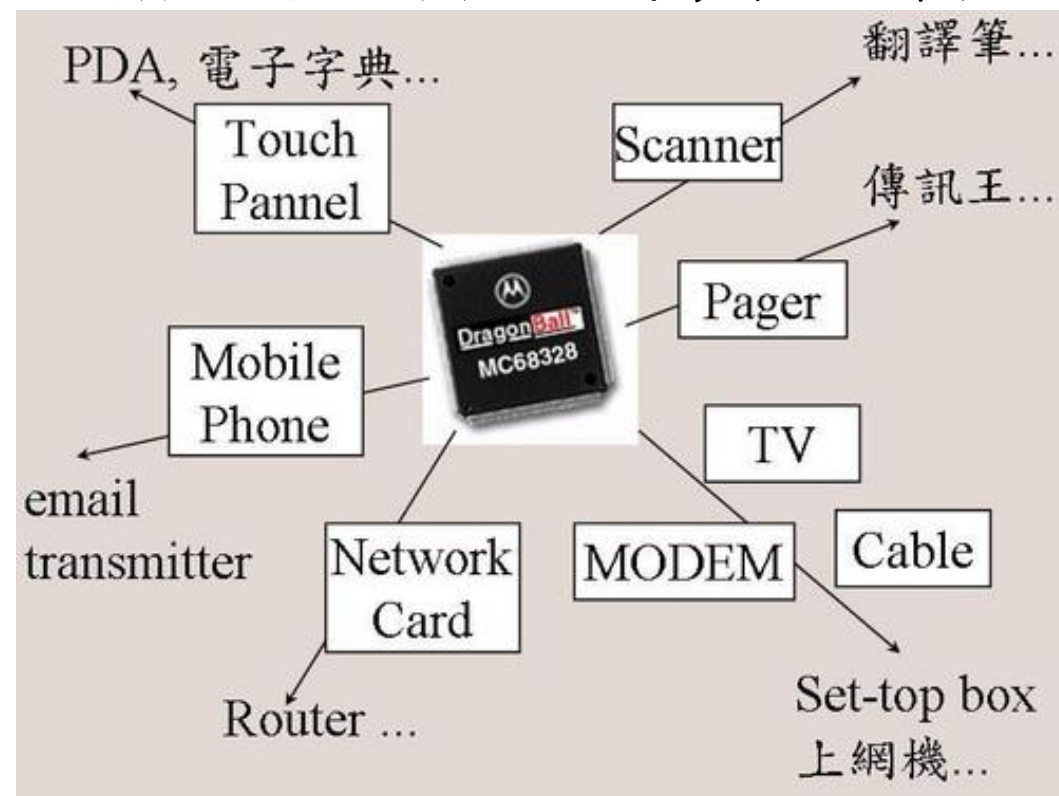
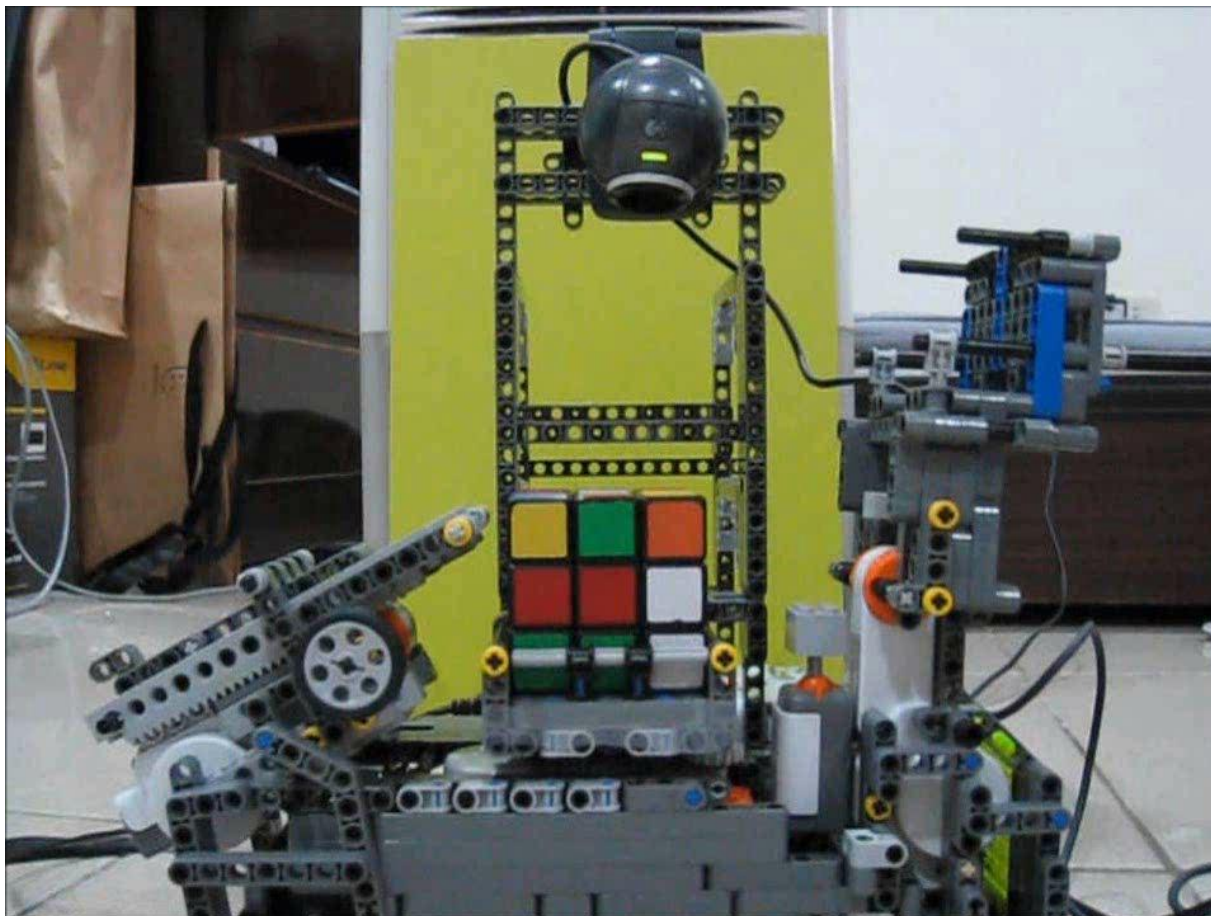


图 12-1 嵌入式硬件平台的系统架构

1.5-4 自动解魔术方块 使用乐高组建的



參考文獻

- 1. Wikipedia:
<https://zh.m.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%86%E6%88%90%E7%94%B5%E8%B7%AF>
- 2. 王麗麗等人，電子信息科學與工程導論。清華大學出版社
- 3. <https://zh.m.wikipedia.org/wiki/%E6%99%B6%E5%9C%93>