



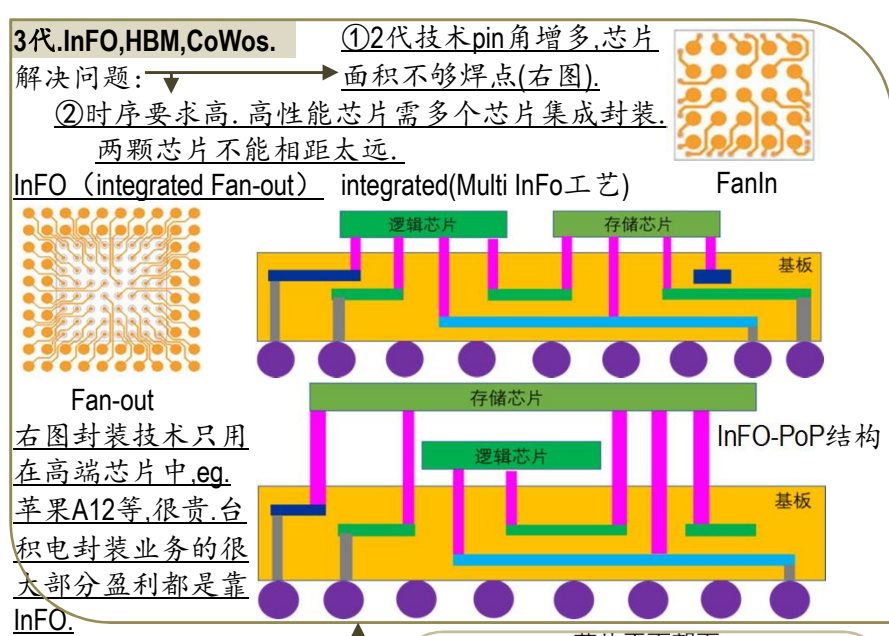
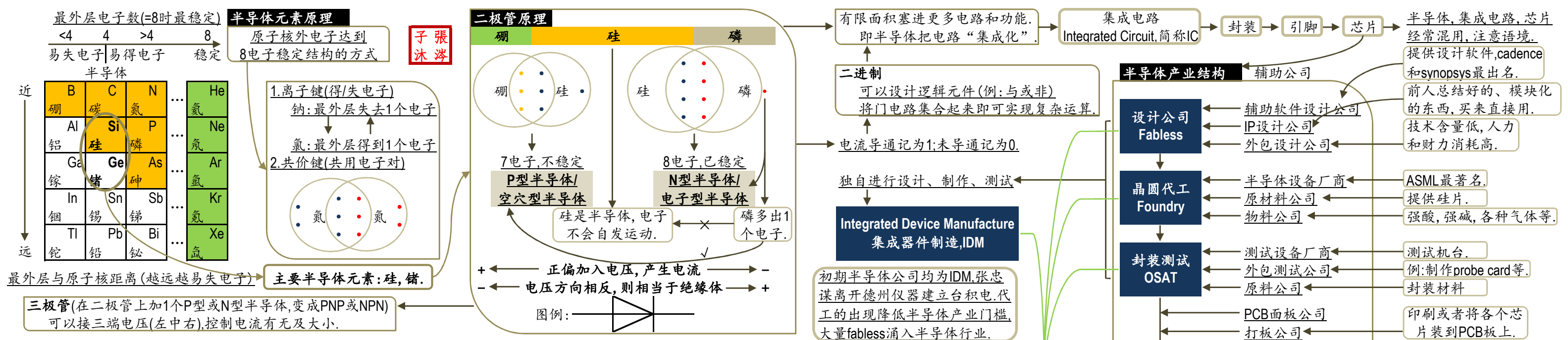
自然选择

Natural Selection | IDR

Inde
Dustry

产业经济研究

Industry Economy



设计公司

fabless/raw material/raw wafer.

通过辅助设计软件和foundry提供的晶体管模型, 设计出功能, 功耗, 面积, 性能都符合要求的芯片.

2017E	公司	属地	2016	2017E	change	主要产品
1	Qualcomm 高通	美国	15414	17078	11%	手机CPU
2	Broadcom 博通	美国	13846	16065	16%	网络设备芯片, 手机wifi芯片
3	Nvidia 英伟达	美国	6389	9228	44%	GPU
4	MediaTek 联发科	中国台湾	8809	7875	-11%	低端手机CPU
5	Apple 苹果	美国	6493	6660	3%	苹果手机CPU
6	AMD 超微	美国	4272	5249	23%	电脑CPU
7	HiSilicon 海思	中国大陆	3910	4715	21%	手机芯片, 电源管理芯片
8	Xilinx 赛灵思	美国	2311	2475	7%	FPGA芯片
9	Marvell 美满电子	美国	2407	2390	-1%	通信相关芯片, DSP, IP
10	Unigroup 紫光展锐	中国大陆	1880	2050	9%	射频芯片, 基带芯片

公司有大有小, 小公司鱼龙混杂. 手机CPU, 电源管理等市场已划分完. AI芯片, 物联网芯片, 汽车电子芯片刚起步, 更多的细分功能芯片, 这些机会更多.

晶圆代工

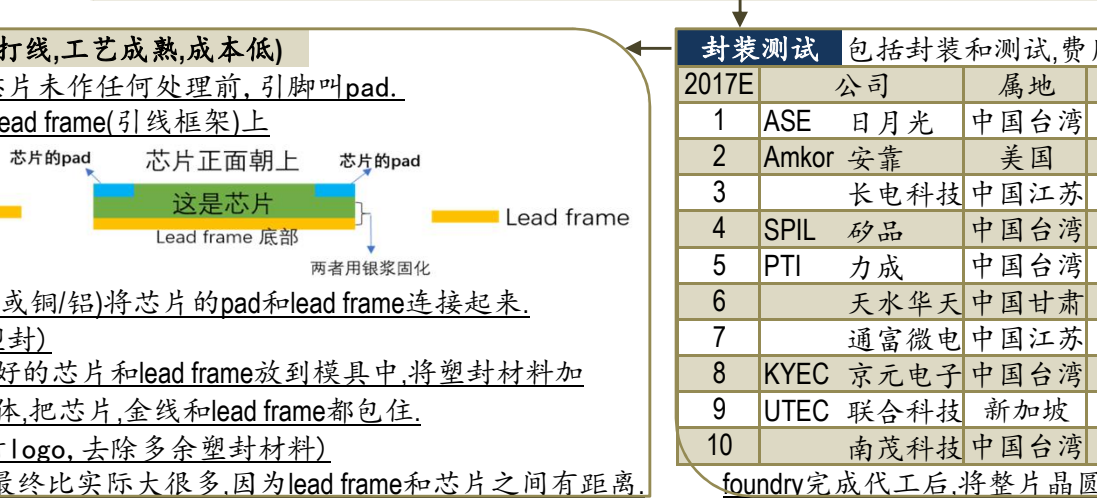
foundry

主要代工逻辑芯片,CPU等,小众的有IGBT,MEMS.

2017	2016	公司		属地	2017	2016	change	分类
1	1	TSMC	台积电	中国台湾	32163	29488	9%	Pure-Play
2	2	GlobalFoundries	格罗方德	美国	6060	5495	10%	Pure-Play
3	3	UMC	联华电子	中国台湾	4898	4582	7%	Pure-Play
4	4	Samsung	三星	韩国	4600	4410	4%	IDM
5	5	SMIC	中芯国际	中国大陆	3101	2914	6%	Pure-Play
6	6	Powerchip	力晶科技	中国台湾	1498	1275	17%	Pure-Play
7	8	Huahong Group	华虹集团	中国大陆	1395	1184	18%	Pure-Play
8	7	TowerJazz	高塔半导体	以色列	1388	1250	11%	Pure-Play

分为6寸(150mm,制作500nm),8寸(200mm,制作350nm-180nm),12寸(300mm,制作90nm-10nm).

6寸打酱油,主要是8寸和12寸.foundry给测试厂的产品是晶圆(wafer),见右图.

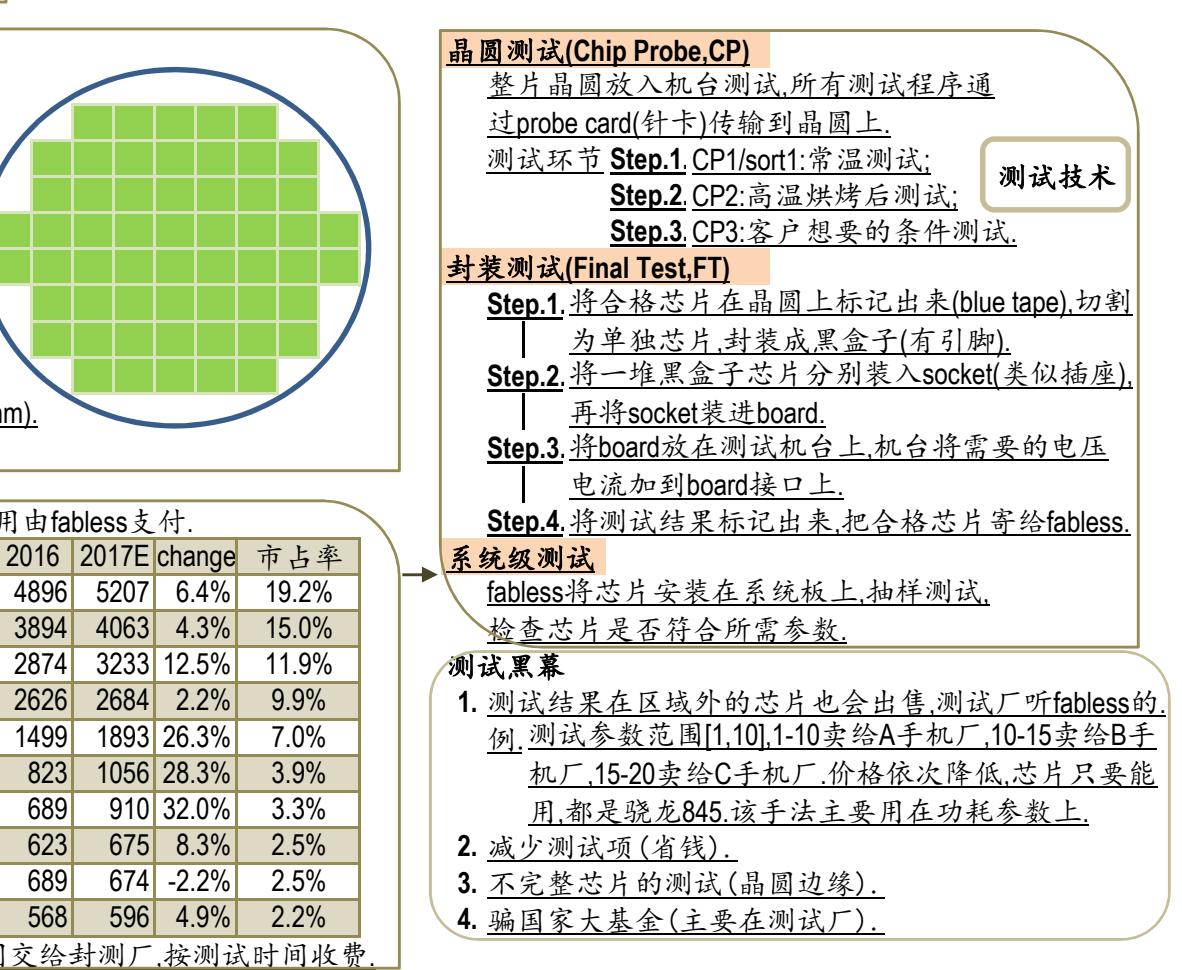


半导体公司营收

1H18	2017	公司	属地	ΣIC	Σsemi	change	分类	主要产品
1	1	Samsung 三星	韩国	37925	39785	36%	IDM	存储器
2	2	Intel 英特尔	美国	32585	32585	13%	IDM	CPU
3	4	SK Hynix 海力士	韩国	17437	17754	56%	IDM	存储器
4	3	TSMC 台积电	中国台湾	16312	16312	12%	foundry	
5	5	Micron 美光	美国	15406	15406	45%	IDM	存储器
6	6	Broadcom 博通	美国	8275	9144	9%	fabless	
7	7	Qualcomm 高通	美国	7984	7984	3%	fabless	
8	3	Toshiba 东芝	日本	7092	7717	25%	IDM	存储器
9	2	TI 德仪	美国	6874	7346	12%	IDM	MCU, ADC, DAV.
10	10	Nvidia 英伟达	美国	6243	6243	53%	fabless	

更像fabless

1H18 1H18/1H17, semi



CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体)(NMOS和PMOS做结合→CMOS)

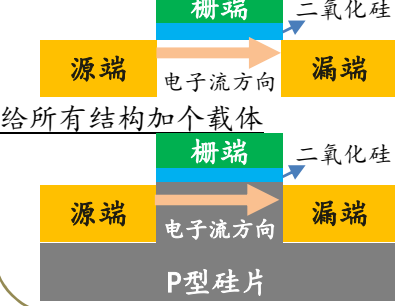
现代IC设计中,CMOS是最基本的单元
例,1cm²芯片上集成了10亿个晶体管.
一个最基本的CMOS就是一个晶体管.
以水龙头为例解释基本原理



源端:水流的源头.
漏端:水流出去的地方.
栅端:上面控制水流的开关.
螺纹:控制水流的大小.

CMOS原理

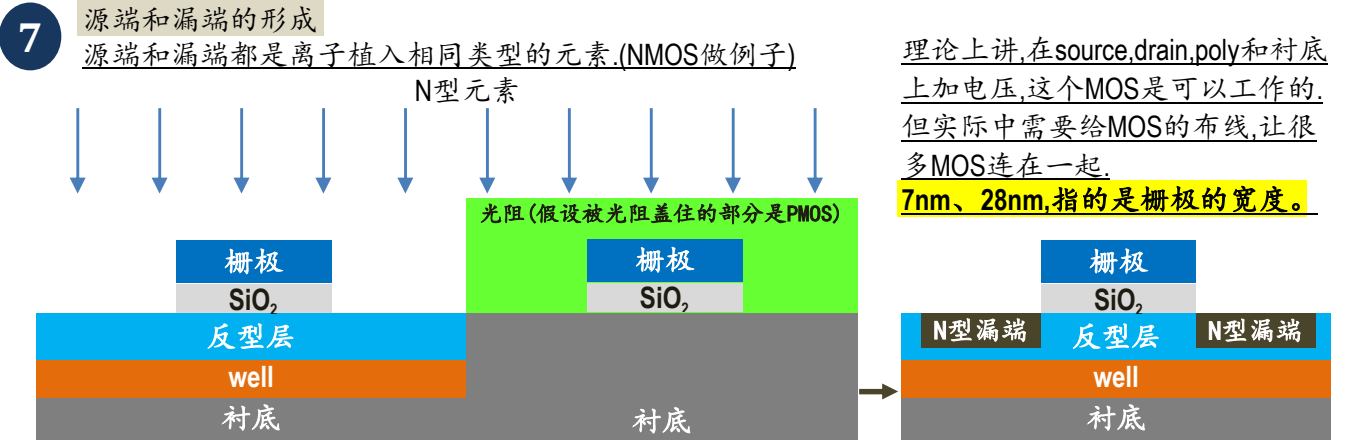
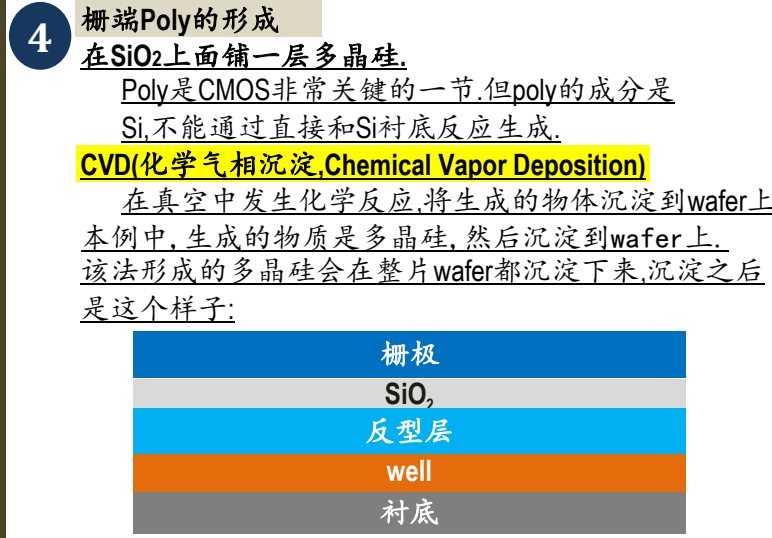
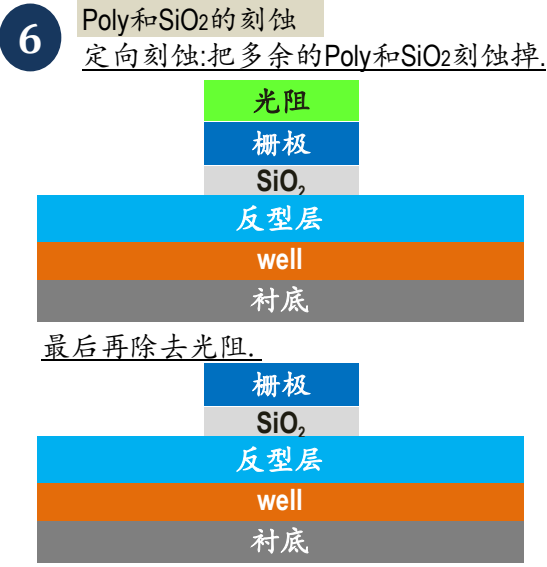
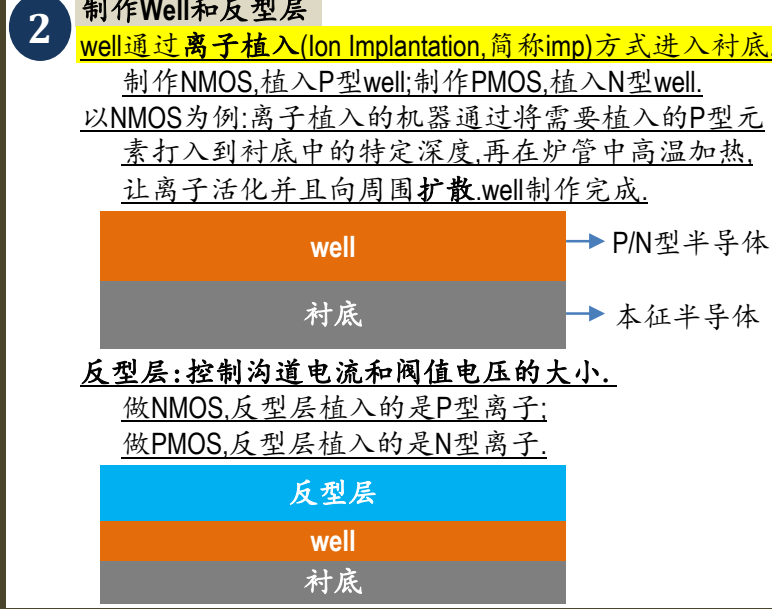
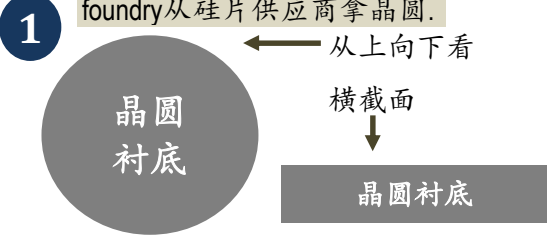
类比水龙头



CMOS的主要参数

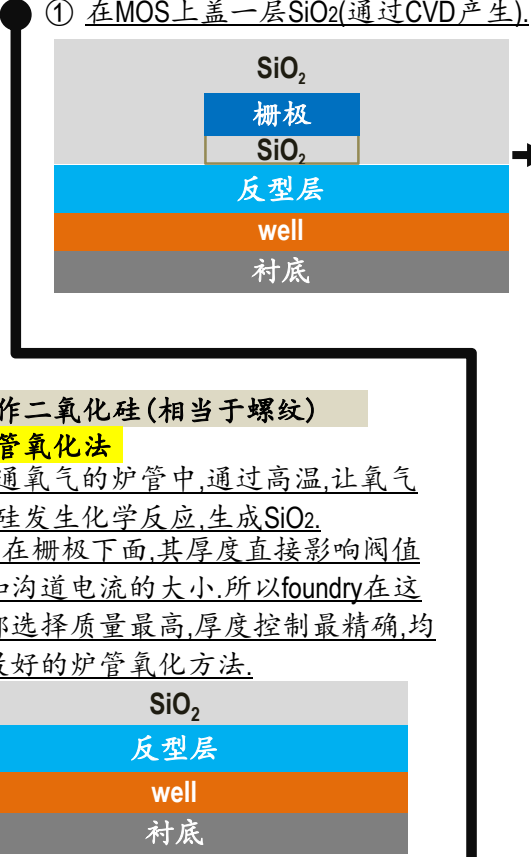
二氧化硅厚度
决定阈值电压和沟道电流大小.
沟道电流的大小
栅,漏,源的电压关系
决定CMOS处于什么工作状态.
沟道:红色部分.
阈值电压:电子流刚到漏端的栅端电压.
截止区:完全没有电流状态.
线性区:很小电流状态.
饱和区:电流充足状态.

CMOS制作流程

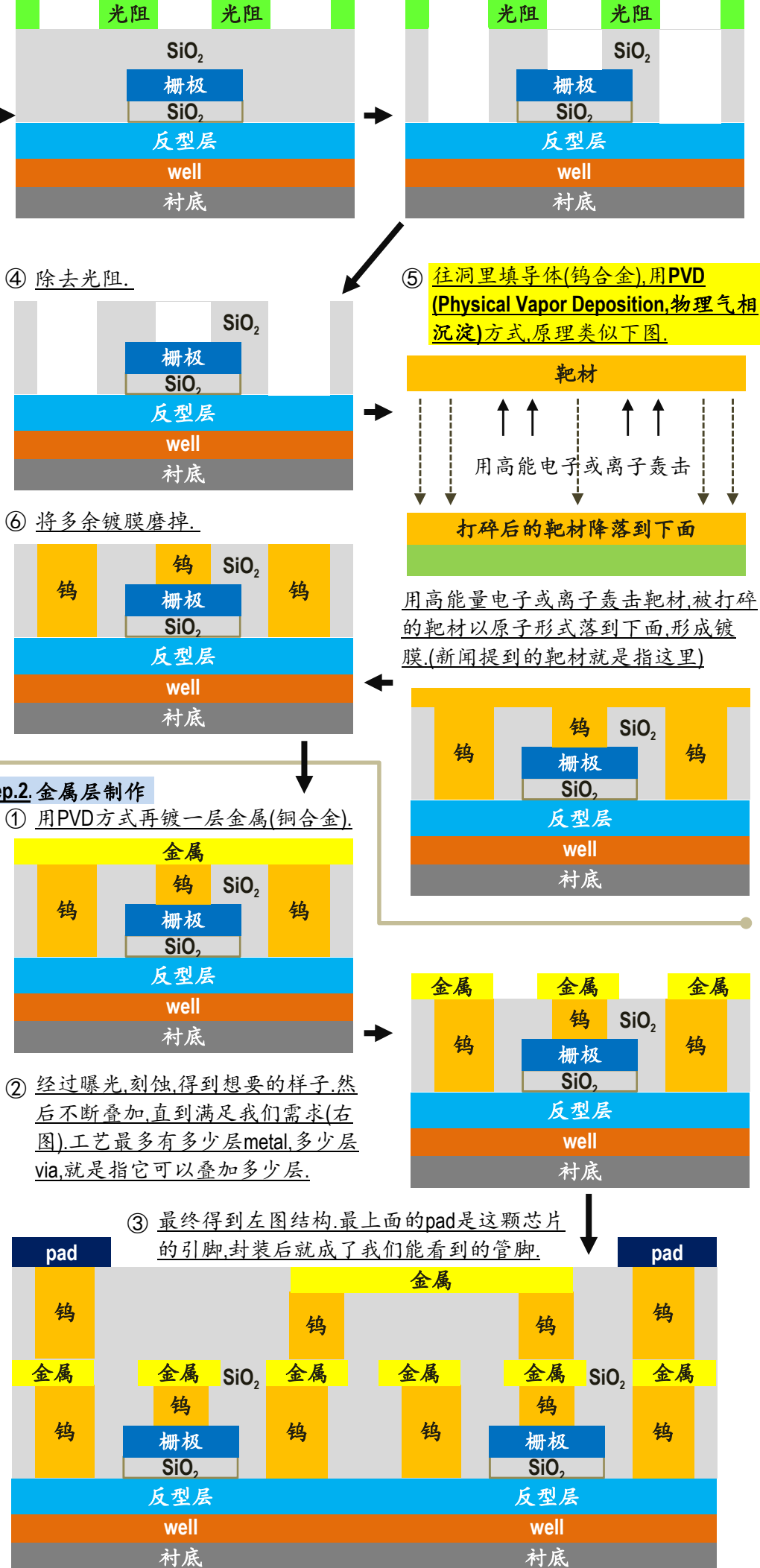


给MOS布线

Step.1.制作VIA(通孔)



Step.2.金属层制作



半导体系列报告②
Foundry:CMOS原理和制作

子張
沐潞

半导体设备市场(单位:亿美元)

	2018E	2017	18/17	17/16
全球	600.0	566.0	6%	37%
中国	82.3			27%

中国为第三大市场.

新建晶圆厂支出占比

厂房	20%
晶圆制造	65%
组装封装	5%
测试	7%
其他	3%
合计	100%

晶圆制造设备拆分

光刻设备	30%
刻蚀设备	20%
PVD设备	15%
CVD设备	10%
量测设备	10%
离子注入	5%
抛光	5%
扩散	5%
合计	100%

半导体制造核心设备市占率

	光刻	刻蚀	PVD	CVD	氧化/扩散
第一	ASML	LAM	AMAT	AMAT	Hitachi
第二	Nikon	TEL	Evatec	TEL	TEL
第三	Canon	AMAT	Ulvac	LAM	ASM
市占	92.8%	90.5%	96.2%	70.0%	94.8%

清洗设备
盛美半导体SAPS产品已进入一流半导体制造商产线.北方华创整合Akrion后提供单片清晰和槽式清洗设备,进入中芯国际.至纯科技取得湿法清洗设备批量订单,未来五年超过200台订单.

SCREEN, 日
东京电子, 日
LAM泛林集团, 美
市占率88%

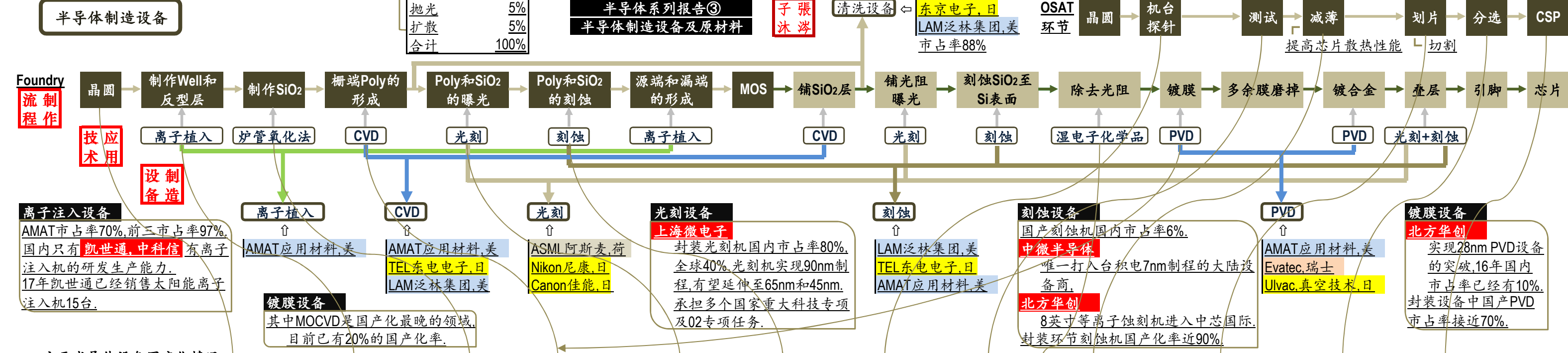
量测设备 长川科技:中低端市场(数模混合测试机和功率测试机)

探针台: 东京精密, 日; 东京电子, 日; SEMES, 韩. 三家垄断.

前端检测: 科磊, 美; AMAT应用材料, 美; 日立, 日. 市占率72%.

后道测试: 泰瑞达, 美; 爱德万, 日. 市占率64%.

分选机: 科林, 美; 爱德万, 日; 爱普生, 日. 市占率70%.



主要半导体设备国产化情况

设备	单晶炉(半导体用)	离子注入设备	氧化扩散设备	CVD/PVD设备	光刻机	刻蚀机	探针台	检测设备	减薄机	划片机	分选机	键合机
国产化率	<20%	<10%	<10%	10%-15%	<10%	<10%	<20%	<20%	<20%	<20%	<20%	<20%
国内供应商	晶盛机电		上海微电子		上海微电子			上海微电子				上海微电子
	华盛天龙				中电科45所	中微半导体	中电科45所		中电科45所	中电科45所	中电科45所	中电科45所
	北方华创		北方华创	北方华创		北方华创	长川科技	长川科技			长川科技	
	中电科48所	中电科48所	中电科48所	中电科45所	沈阳芯源			华峰测控	方达研磨	大族激光	长海中艺	
	京运通	中科信	中电科45所	中电科48所					中电科电子装备	中电科电子装备		中电科电子装备

全球半导体前道设备竞争结构图

光刻机	刻蚀机	PVD	CVD	前道检测	清洗机	氧化	离子注入	MOCVD
26%	24%	7%	15%	11%	10%	3%	3%	
ASML 83%	LAM 46%	应用材料 74%	应用材料 28%	科磊 55%	LAM 35%	日立 43%	应用材料 67%	维易科 50%
	东京电子 30%		LAM 27%		东京电子 25%	东京电子 38%	亚舍里科 19%	中微 40%
	应用材料 18%	Ulvac 11%	东京电子 18%	应用材料 13%	应用材料 19%	ASML 14%	SMIT 10%	
佳能6.2%		Evatec 7%		日立9%				
尼康5.1%	其他4.7%		其他 26%	其他 26%	其他 21%	其他5%	其他4%	其他 10%
其他5.6%	中微1.4%	其他7%						

半导体原材料

光刻胶
2015中国光刻胶市场需求:4390吨
2007年的5.7倍.
供应商:美国,日本,欧洲,韩国.
中国供应商:低端领域.
PCB光刻胶,LCD光刻胶等.
国内厂商:北京科华微电子,苏州瑞红.

半导体材料

按半导体产业链,分晶圆制造材料,封装材料.

2016材料	晶圆制造	封装材料	全球	大陆
市场规模	\$247亿	\$196亿	\$443亿	\$65亿

市场排序:台,韩,大陆(占15%),日,美.
问题:自给率不足,规模小,高端占比低.

湿电子化学品
用途分:通用化学品(超净高纯试剂)
功能性化学品(以光刻胶配套试剂为代表)
SEMI:2016年全球湿电子化学品市场:11.1亿美元.
用途:新能源,现代通信,新一代电子信息技术,新型显示技术.

化学试剂中控制颗粒粒径<0.5μm,杂质含量<ppm级,两项均为要求最高.通过复配手段满足制造中特殊工艺需求的配方类或复配类化学品.一般配合光刻胶用.eg.显影液,漂洗液,剥离液.

必不可少,成本占比最高的半导体材料.由普通硅原料制成.

硅片(硅单晶圆片)

硅晶圆片	前五市占率
300mm	95%
200mm	86%
150mm及以下	56%

主要是德国及日本厂商

硅片	国产化率
6英寸硅片	50%
8英寸硅片	10%
12英寸硅片	完全进口

2016	市场规模	占材料比重
国际	\$85亿	33%
国内	¥119亿	36%

2017集成电路硅片	市占率
日本信越化学	28%
日本SUMCO	25%
台湾环球晶圆	17%
德国Siltronic	15%
韩国LG	9%

高纯溅射靶材

被轰击的固体为溅射靶材.纯度为99.9%-99.9999%的金属/非金属靶材,用于PVD,制备晶圆/面板/太阳能电池等表面电子薄膜的关键材料.IC封装用:铜,铝,钛.晶圆导电层,阻挡层,金属栅极:铝,钛,铜,钼等.

我国半导体设备问题

半导体设备门槛高,投入期长,属技术和资本密集型行业.

① 研发 研发投入有限,技术差距追赶缓慢.

解决方案

- ① 国家重大专项推进技术难点攻克,企业和政府共同承担高端设备的技术攻克,减轻企业端研发压力.
- ② 继续鼓励国内新建晶圆厂推动设备国产化替代,给国内半导体设备厂商试错与提升的机会.
- ③ 针对不同半导体设备制定国产化替代节点时间,对研发进行补贴,利用各种融资途径扩大规模.

② 人才 高端人才引进不足,核心人才流失,后备人才不足.

2018年全国本硕博毕业生>800万人,集成电路专业领域高校毕业生中只有3万人进入本行业.

解决方案

- ① 股权激励,政府补助等方式引进高端人才.
- ② 政府牵头,产学研结合,增加人才福利.

③ 科学布局,政府引导合理规划.

IC产业投资主体、管理主体分散,于产业发展不利.

沙子 1st阶段

硅是地壳内第二丰富的元素，脱氧后的沙子(尤其是石英)最多包含25%的硅元素，以SiO₂的形式存在，这也是半导体制造产业的基础。

硅熔炼

12英寸/300mm晶圆级，下同。通过多步净化得到可用于半导体制造质量的硅，学名电子级硅(EGS)，杂质≤1杂质原子/100万硅原子。最后得到的就是硅锭(Ingot)。

单晶硅锭

圆柱形，重约100kg，纯度99.9999%。

子張
沐涉

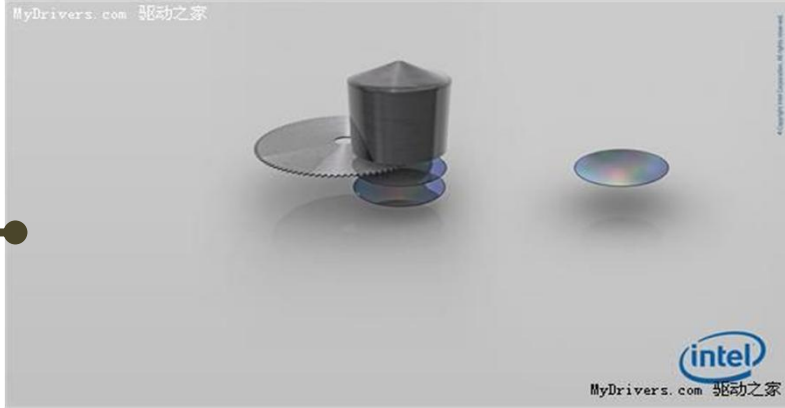


硅锭切割 2st阶段

横向切割成圆形的单个硅片，也就是晶圆(Wafer)。

晶圆

晶圆经抛光后变得几乎完美无瑕。Intel并不生产这种晶圆，而是从第三方半导体企业那里直接购买成品，然后进一步加工，比如现在主流的45nm HKMG(高K金属栅极)。



光刻胶

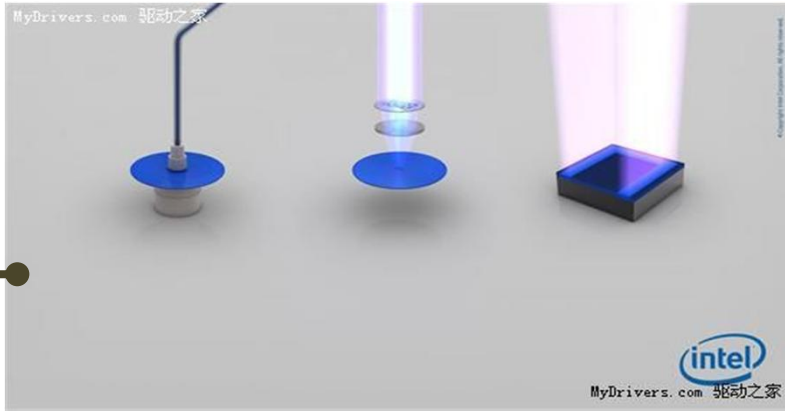
图中蓝色部分就是在晶圆旋转过程中浇上去的光刻胶液体，类似制作传统胶片的那种。晶圆旋转可以让光刻胶铺的非常薄、非常平。

光刻 3st阶段

光刻胶层透过掩模(Mask)被曝光在紫外线(UV)之下，变得可溶(类似按相机快门时胶片的變化)。掩模上印着预先设计好的电路图案，紫外线透过它照在光刻胶层上，就会形成微处理器的每一层电路图案。一般来说，在晶圆上得到的电路图案是掩模上图案的四分之一。

光刻

由此进入50-200nm尺寸的晶体管级别。一块晶圆可以切割出数百个处理器。晶体管相当于开关，控制着电流的方向。现在，一个针头上就能放下大约3000万个晶体管。



溶解光刻胶 4st阶段

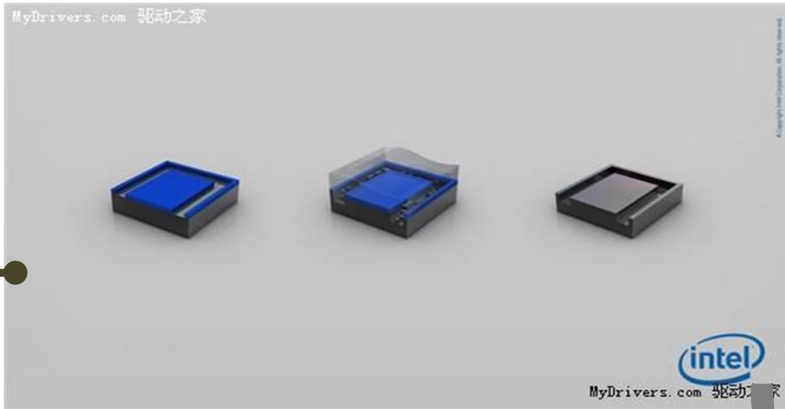
光刻过程中曝光在紫外线下的光刻胶被溶解掉，清除后留下的图案和掩模上的一致。

蚀刻

使用化学物质溶解掉暴露出来的晶圆部分，而剩下的光刻胶保护着不应该蚀刻的部分。

清除光刻胶

蚀刻完成后，光刻胶的使命宣告完成，全部清除后就可以看到设计好的电路图案。



光刻胶

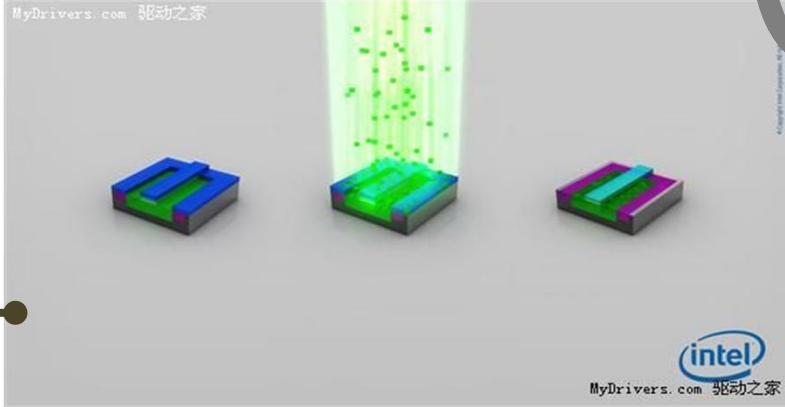
再次浇上光刻胶(蓝色部分)，光刻，并洗掉曝光的部分，剩下的光刻胶用来保护不会离子注入的那部分材料。

离子注入 5st阶段

在真空中，用经过加速、含要掺杂原子的离子照射固体材料，在被注入的区域形成特殊的注入层，改变这些区域的硅的导电性。经电场加速后，注入的离子流的速度可以超过30万km/h。

清除光刻胶

离子注入完成后，光刻胶也被清除，而注入区域(绿色部分)也已掺杂，注入了不同的原子。注意这时候的绿色和之前已经有所不同。



10st阶段 零售包装

制造、测试完毕的处理器要么批量交付给OEM厂商，要么放在包装盒里进入零售市场。

装箱

根据等级测试结果将同样级别的处理器放在一起装运。

等级测试

最后一次测试，可以鉴别出每一颗处理器的关键特性，比如最高频率、功耗、发热量等，并决定处理器的等级，比如适合做成最高端的Core i7-975 Extreme，还是低端型号Core i7-920。



9st阶段 处理器

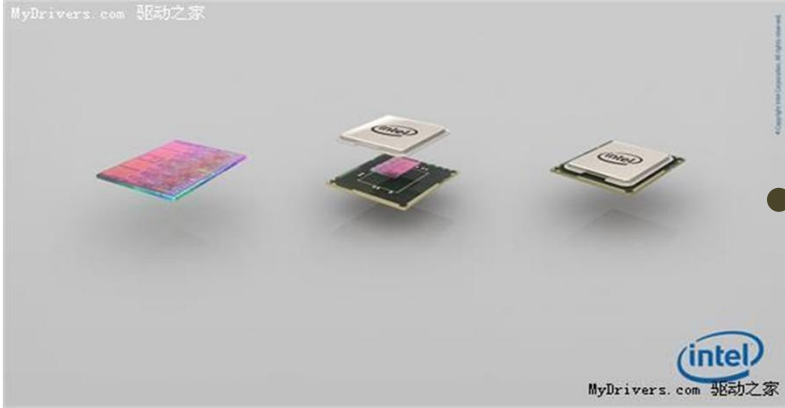
至此就得到完整的处理器了(这里是一颗Core i7)。这种在世界上最干净的房间里制造出来的最复杂的产品实际上是经过数百个步骤得来的，这里只是展示了其中的一些关键步骤。

封装

封装级别，20毫米/1英寸。衬底(基片)、内核、散热片堆叠在一起，就形成了我们看到的处理器的样子。衬底(绿色)相当于一个底座，并为处理器内核提供电气与机械界面，便于与PC系统的其它部分交互。散热片(银色)就是负责内核散热的了。

单个内核

内核级别。从晶圆上切割下来的单个内核，这里展示的是Core i7的核心。



8st阶段 丢弃瑕疵内核

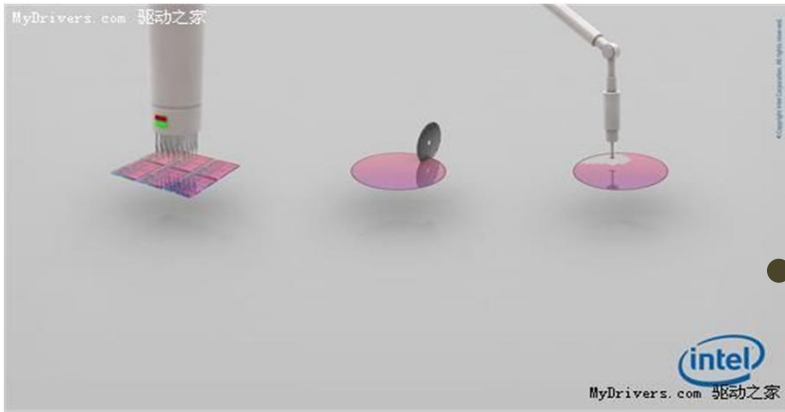
晶圆级别。测试过程中发现的有瑕疵的内核被抛弃，留下完好的准备进入下一步。

晶圆切片

晶圆级别，300毫米/12英寸。将晶圆切割成块，每一块就是一个处理器的内核(Die)。

晶圆测试

内核级别，大约10毫米/0.5英寸。图中是晶圆的局部，正在接受第一次功能性测试，使用参考电路图案和每一块芯片进行对比。

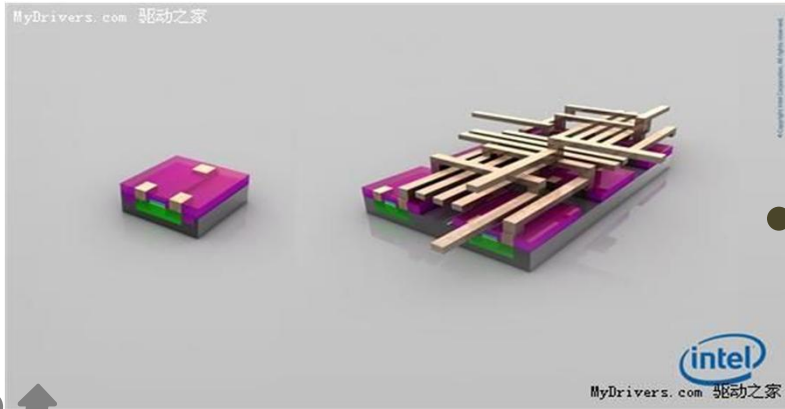


7st阶段 金属层

晶体管级别，六个晶体管的组合，大约500纳米。在不同晶体管之间形成复合互连金属层，具体布局取决于相应处理器所需要的不同功能性。芯片表面看起来异常平滑，事实上可能包含20多层复杂的电路，放大后可看到极其复杂的电路网络，形如未来派的多层高速公路系统。

抛光

将多余的铜抛光掉，也就是磨光晶圆表面。



6st阶段 铜层

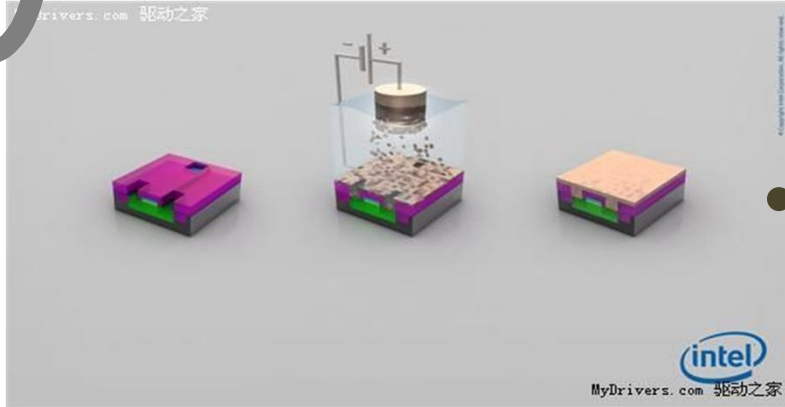
电镀完成后，铜离子沉积在晶圆表面，形成一个薄薄的铜层。

电镀

在晶圆上电镀一层硫酸铜，将Cu+沉淀到晶体管上。Cu+会从正极(阳极)走向负极(阴极)。

晶体管就绪

晶体管基本完成。在绝缘材(品红色)上蚀刻出三个孔洞，并填充铜，以便和其它晶体管互连。



新建晶圆厂支出表				
厂房	20%	半导体设备比例(\$亿)		
晶圆制造	65%	晶圆制造	81%	81%
组裝封装	5%	组裝封装	6%	6%
测试	7%	测试	9%	9%
其他	3%	其他	4%	5%
合计	100%	合计	100%	526

晶圆厂投资构成				
设备	70%-80%	半导体(全)设备结构(\$亿)		
基建和洁净室	20%-30%	集成电路	649	64.5%
		光伏	48	4.8%
		新型显示	280	27.8%
		LED	30	3.0%
		合计	1007	100%

投资额¥10862亿.	
设备需求¥8689亿.	
晶圆制造设备¥7060亿.	
19-22年均¥1765亿.	

晶圆代工市场格局				
台积电	56.1%	半导体设备市场(\$亿)		
格罗方德	9.0%	年份	规模	增速
联华电子	8.9%	2015	365.3	
三星	7.4%	2016	412.3	13%
中芯国际	5.9%	2017	566.2	37%
TowerJazz	2.2%	2018	645.5	14%
力晶	1.6%	2019E	526.9	-18%
世界先进	1.0%	2020E	587.8	12%
X-Fab	1.5%			
其他	6.4%	我国IC情况(\$亿)		
合计	100.0%	进口	3121	自给 302
		出口	846	需求 1030
		逆差	2275	自给率 29%

大陆晶圆代工格局				
中芯国际	58.0%	半导体产业链(\$亿)		
华虹宏力	16.0%	IC设计	2500	
华力半导体	10.0%	IC制造	1800	
华润微电子	7.0%	封装测试	2200	
武汉新芯	6.0%	合计	6500	
先进半导体	3.0%			
合计	100.0%			

半导体产业链(\$亿)				
IC设计	2500	中国	31.9%	
IC制造	1800	美洲	21.5%	
封装测试	2200	欧洲	9.3%	
合计	6500	日本	8.9%	
		亚太其他	28.4%	
		合计	100%	

大陆半导体资本开支(\$亿)				
12寸为主	投资额	月产能	晶圆制造产能分布	
紫光集团	5585	51.5	中国台湾	21.3%
中芯国际	1038	28.7	韩国	20.9%
华力微电子	387	7.5	日本	17.1%
华虹宏力	636	4.0	北美	13.4%
合肥长鑫	494	12.5	中国大陆	10.8%
福建晋华	370	6.0	欧洲	6.4%
晶合/力晶	4.0	4.0	其他	10.1%
联电	400	5.0	合计	100.0%
台积电	198	2.0		
Intel	176	11.2	28nm制程产值比例	
三星	463	22.0	中芯国际	69%
美国AOS	66	2.0	联电	10%
格罗方德	659	8.5	格罗方德	11%
德克玛	150	2.0	三星	7%
士兰微	170	8.0	台积电	3%
SK海力士	37.0	3.0	合计	100%
粤芯半导体	70	3.0		
合计	10862	214.9		

晶圆制造产能分布				
中国台湾	21.3%	集成电路应用市场		
韩国	20.9%	占比	增速	
日本	17.1%	计算机	27%	2.0%
北美	13.4%	网络通信	31%	4.2%
中国大陆	10.8%	消费电子	21%	2.8%
欧洲	6.4%	工业控制	13%	4.6%
其他	10.1%	汽车电子	4%	5.4%
合计	100.0%	其他	4%	

中国各晶圆产线设备采购图				
公司	产线	项目	工艺	投资额(\$亿)
紫光集团	南京一期	3D NAND/DRAM		660
长江存储	武汉一期	3D NAND Flash		1600
中芯国际	上海12寸二厂	Foundry/14nm	14nm	675
中芯国际	北京12寸B3厂	foundry/55nm	55nm	260
华力微电子	上海Fab6厂	28-14nm	28-14nm	390
合肥长鑫	合肥12寸晶圆厂	DRAM(19nm)	19nm	494
福建晋华	泉州12寸晶圆厂	DRAM(32-20NM)	32-20nm	370
华虹宏力	无锡Fab7一期	90-65/55nm	90-65/55nm	159
台积电	南京12寸厂		16nm	200
三星	西安12寸厂二期	3D NAND Flash		460
联华电子	厦门12寸Fab1厂		55-40-28nm	400
美国AOS	重庆12寸厂	功率半导体		66
格罗方德	成都12寸Fab1厂	FD-SOI	22nm	660
德克玛	淮安12寸厂	图像传感器	65nm	150
粤芯半导体	广州12寸厂	Foundry		70
力晶(晶合)	合肥12寸厂	LCD驱动IC		128
英特尔	大连12寸Fab68厂	3D NAND		140
SK海力士	无锡12寸厂	DRAM	10nm	580
合计				7462

2018				
Q1	Q2	Q3	Q4	
2019	Q1	Q2	Q3	Q4
2020	Q1	Q2	Q3	Q4
2021	Q1	Q2	Q3	Q4
2022	Q1	Q2	Q3	Q4

半导体晶圆制造设备拆分(\$亿)				
光刻设备	30%	30%	23%	130.2
刻蚀设备	20%	20%	24%	135.9
PVD设备	15%		15%	81.0
CVD设备	10%	25%	18%	101.9
量测设备	10%		13%	73.6
离子注入	5%		0%	0.0
抛光CMP	5%	25%	13%	73.6
扩散	5%		0%	0.0
其他沉积	0%	0%	9%	51.0
合计	100%	100%	100%	422

工艺				
光刻	83%	6%	5%	94%
刻蚀	46%	30%	18%	94%
CVD设备	28%	27%	18%	74%
沉积设备	38%	21%	13%	71%
前道量测	63%	15%	7%	86%
离子注入	67%	19%	10%	97%
抛光	70%	27%	1%	99%
CMP设备	70%	27%	1%	99%
氧化/扩散	46%	21%	15%	82%
清洗设备	35%	25%	19%	79%
减射设备	75%	11%	7%	93%
自动化设备	31%	15%	13%	58%
过程控制设备	51%	12%	11%	74%
合计	48%	20%	14%	82%

全球各地区设备销售额预测(\$亿)				
年份	规模	占比	增速	
2015	365.3			
2016	412.3	13%		
2017	566.2	37%		
2018	645.5	14%		
2019E	526.9	-18%		
2020E	587.8	12%		

中国IC设计对晶圆代工的需求(\$亿)比例				
>0.25um	25%	23%	22%	19%
0.18/0.15um	10%	11%	10%	11%
0.13um	17%	15%	14%	12%
90nm	2%	2%	2%	1%
65nm	12%	11%	11%	14%
45/40nm	10%	13%	13%	12%
28nm	9%	16%	17%	18%
20nm	0%	0%	0%	0%
16/14nm	12%	9%	9%	9%
10nm	2%	2%	2%	1%
7nm	0%	0%	0%	4%
合计	100%	100%	100%	100%

全球半导体(全)市场规模(\$亿)				
分立器件	194	217	241	245
光电子	320	348	380	375
传感器	108	126	134	133
集成电路	2767	3432	2933	3369
合计	3389	4123	3688	4122

200mm晶圆需求结构				
MOS逻辑芯片	27%			
模拟芯片	23%			
分立器件	16%			
图像传感器	17%			
传感器	5%			
存储	8%			
微控制逻辑芯片	10%			
合计	106%			

LED芯片制造行业集中度				
三安光电	22%	27%	27%	
华灿光电	7%	14%	16%	
澳洋顺昌	2%	9%	11%	
德豪润达	5%	5%	6%	
乾照光电	4%	5%	7%	
聚灿光电	4%	4%	4%	
其他	56%	37%	29%	
合计	100%	100%	100%	

半导体行业比例				
存储器	26%			
逻辑电路	26%			
处理器	16%			
模拟电路	13%			
光电子	10%			
分立器件	6%			
传感器	3%			
合计	100%			

LED芯片制造行业集中度				
三安光电	22%	27%	27%	
华灿光电	7%	14%	16%	
澳洋顺昌	2%	9%	11%	
德豪润达	5%	5%	6%	
乾照光电	4%	5%	7%	
聚灿光电	4%	4%	4%	
其他	56%	37%	29%	
合计	100%	100%	100%	

半导体行业比例				
存储器	26%			
逻辑电路	26%			
处理器	16%			
模拟电路	13%			
光电子	10%			
分立器件	6%			
传感器	3%			
合计	100%			

半导体核心设备(IC+光伏+新型显示+LED)CR3市占率(\$亿)				
1st	2nd	3rd	CR3	CR3
83%	6%	5%	94%	106.4
46%	30%	18%	94%	114.1
28%	27%	18%	74%	89.0
38%	21%	13%	71%	94.3
63%	15%	7%	86%	27.4
67%	19%	10%	97%	14.6
70%	27%	1%	99%	17.2
46%	21%	15%	82%	12.6
35%	25%	19%	79%	141.6
75%	11%	7%	93%	23.7
31%	15%	13%	58%	17.6
51%	12%	11%	74%	47.1
48%	20%	14%	82%	682.1

半导体设备国产率				
光刻机	<10%			
刻蚀机	<10%			
薄膜沉积	10%-15%			
检测	<20%			
离子注入	<10%			
氧化扩散	<10%			
单晶炉	<20%			
键合机	<20%			
划片机	<20%			
减薄机	<20%			
分选机	<20%			

中国IC设计对晶圆代工的需求(\$比例)							光刻	硅	介质	PVD	CVD	量测	离子	抛光	氧化	光刻	硅	介质	PVD	
25μm	25%	23%	22%	19%	22%		26%	11%	12%	0.07	0.15	0.11	5%	5%	5%	26%	11%	12%	7%	
10-15μm	10%	11%	10%	11%	10%		58%	2.5%	2.6%	1.6%	3.3%	2.4%	1.1%	1.1%	1.1%	69.9	30.3	31.0	18.8	
13μm	17%	15%	14%	12%	14%		2.7%	1.2%	1.2%	0.7%	1.6%	1.1%	0.5%	0.5%	0.5%	32.9	14.3	14.6	8.9	
90nm	2%	2%	2%	1%	2%		3.7%	1.6%	1.6%	1.0%	2.1%	1.6%	0.7%	0.7%	0.7%	44.6	19.4	19.8	12.0	
5nm	12%	11%	11%	14%	11%		0.4%	0.2%	0.2%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	5.3	2.3	2.3	1.4	
40nm	10%	13%	13%	12%	13%		2.9%	1.2%	1.3%	0.8%	1.7%	1.2%	0.6%	0.6%	0.6%	34.6	15.0	15.4	9.3	
8nm	9%	16%	17%	18%	17%		3.3%	1.4%	1.4%	0.9%	1.9%	1.4%	0.6%	0.6%	0.6%	39.3	17.1	17.4	10.6	
0nm	0%	0%	0%	0%	0%		4.5%	1.9%	2.0%	1.2%	2.6%	1.9%	0.9%	0.9%	0.9%	54.0	23.4	23.9	14.5	
0nm	0%	0%	0%	0%	0%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6	0.3	0.3	0.2	
14nm	12%	9%	9%	9%	9%		2.2%	1.0%	1.0%	0.6%	1.3%	0.9%	0.4%	0.4%	0.4%	27.0	11.7	12.0	7.3	
0nm	2%	2%	2%	1%	2%		0.4%	0.2%	0.2%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	5.3	2.3	2.3	1.4	
7nm	0%	0%	0%	4%	0%		0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2	0.5	0.5	0.3	
合计	100%	100%	100%	100%	100%		26%	11%	12%	7%	15%	11%	5%	5%	5%	314.8	136.56	139.5	84.74	
7☁ 8☁ 9☁ 0E☁ 选定							对不同工艺半导体设备的需求比例(测算表)										对不同工艺			
							根据左表和上方表格得出的表格,并不准确(因数据匮乏)。										49.9 77.2 93.4 47.9			

电子管

爱迪生发现：
将铜片放在灯丝上方，铜片上出现电流。
弗莱明给出解释
灯泡 → 白炽 → 灯丝上电子极其活跃
通电 → 状态 → 灯丝上电子极其活跃
电流√ ← 电场√ ← 正电铜片 ← 放置
电流× ← 电场× ← 负电铜片 ← 放置

电子二极管

加正电
加强电场，
电子移动↑

加负电
削弱电场，
电子移动↓

电子三极管

在灯丝，金属板间放置金属挡板。
通过控制第三极的正负电，控制
电场大小，影响电子移动。
第三极很小的电压变化就会引
起另外两极间电流的巨大变化。
└ 信号放大!!!
福雷斯特发明能够放大信号的
电子三极管，使无线电可以进行
远距离传输。

优点：抗电磁干扰，抗温差大。
缺点：体型大，功耗高，故障多。

晶体三极管

2个PN结

此处以NPN为例。

发射极 基极 集电极

过程

① 只给1,3通电，∴两个背对的PN结，电路不通。
② 给1,2,3通电2通电(2号>0.7v)。
① 克服1-2 PN结，1-2通电。
② ∴ 1号N区掺杂多，电子浓度高，2号P区很薄。
∴ 2号P区无法消费如此多电子。
∴ 2号P区电子浓度高，打破2-3动态平衡。
∴ 3号N区大，且电子浓度比1号N区低很多。
∴ 2号P区电子向3号扩散。
3号N区接正电，电子得以泄洪。
结果：电子→1号→2号→3号。

小结

1. 2号很薄，消费来自1号的电子能力有限⇒电流小；
2. 3号空间大，吸收电子能力强⇒电流大；
3. 2号极小的信号改变⇒1号电子涌入速度的巨大
变化⇒1号和3号间电流的巨大变化。

名称

1号负责发射电子 → 发射极
2号类似阀门 → 基极
3号负责收集电子 → 集电极

基极电压不足0.7v，
无法攻克PN结，引入电
源电压协助攻克。

防止短路，加上分压电阻。

基极(B)
接收手机电流(信号)
电流图

用电容防止
电流灌入信
号发射端。

基极信号控制
集电极电流。

集电极

发射极

放大

输出

串联分压，
 $U_o = 3V - U_r$
与 R_c 波形相反。

输出波形

音响三极管
工作原理图

图例
→ 解释箭头
→ 电子方向

晶体二极管

本征半导体
完全不含杂质且无晶格
缺陷的纯净半导体。
电子浓度=空穴浓度

掺入硼B，核最外层3电子。
多出的空穴可以自由移动(空穴浓度高)。
电子数比本征半导体少，称为positive。

掺入磷P，核最外层5电子。
多出的电子可以自由移动(电子浓度高)。
电子数比本征半导体多，称为negative。

P型半导体 空穴多
电中性

N型半导体 电子多
电中性

扩散运动

该电场区称为PN结。

电场力阻止扩散运动的进行。

漂移运动 → 与扩散运动达到动态平衡。

通电方式1

无法导通

可以导通

克服PN结内电场，一般需要0.7v
电压，即二极管的导通电压。

通电方式2

压缩内电场，当外部电源电场完全克服
内电场时，电子流动加强，电路导通。

二极管

MOS场效应晶体管 结构图(上图)，工作图(下图)

1号-负电 2号-正电 3号-正电

二氧化硅(绝缘层)

金属

N型半导体 P型半导体 N型半导体

1.源极S 2.栅极G 3.漏极D

负电 正电 正电

2号正电，形
成电场，吸引
电子。

电子浓度
 $A > B$

反型层
电子浓度改变，
半导体类型反转。

达到动态平衡，形成PN结。

电子流动方向

MOS场效应管电路符号

栅极的正负控制电路的通阻
正电为1，负电为0

源极S 衬底B 漏极D

NPN三极管 集电极(C)
基极(B)
发射极(E)

PNP三极管 集电极(C)
基极(B)
发射极(E)

半导体系列报告⑦
电子管-晶体管-MOS管

子張
沐潞

目录

① 电子管	② 晶体二极管	③ 晶体三极管	④ MOS管
1. 电灯	1. 本征半导体	1. N-P-N厚度	1. 绝缘层
2. 电子二极管	2. 掺杂	2. 发射极	2. 反型层
3. 电子三极管	3. P型半导体	3. 基极	3. 源极S
4. 优缺点	4. N型半导体	4. 集电极	4. 栅极G
	5. 扩散运动	5. 电容	5. 漏极D
	6. 漂移运动	6. 欧姆定理	
	7. PN结	7. 工作示例	

主动元件
定义：依靠电流方向的组件。
举例：晶体管，可控硅整流器，二极管，阀门。

被动元件
定义：一种电子组件，不需
要能量的来源就可以
实行其特定的功能。
举例：电阻，电容，电感。

电容：两个相互靠近，中间由绝缘
介质隔开的导体。
特点：阻止直流电，让交流电通过。

电感：能够把电能转化为磁能而存
储起来的元件。
特点：维持现状
电流从无到有时，阻碍电流。
电流从有到无时，维持电流。
阻止交流电，让直流电通过。

电位:随参考电位而变. 电压:电位差. 电压是相对的; 电压是绝对的. 为方便,选负极 为零电位点. 接地点GND 电路设计中,所有零电位汇集点. 接地线目的 消除不同系统 间因电位的相 对性而导致电 压标准的混乱. 例 游戏机——手柄 其间有接地线把二 者的相对电位拉平,如 此,游戏机中的5v在手 柄看来也是5v.

逻辑电路基础原理 - 与门(&)为例

图例: 输入电压, 输出电压, 电源电压, 电流方向

电流单向, 二极管导通电压0.7v.

电压(v) 时间(s)

有电 无电

数字电路较模拟电路更普及的原因 不关心电压具体几伏,只需区分有点/无电.

真值表

A	B	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

逻辑运算的电路.

门电路

更多门电路电路图

与门, 或门, 非门

主要门电路的输入/输出

- 与门: 有0出0, 全1才1.
- 或门: 有1出1, 全0才0.
- 非门: 输出是输入的反转.
- 与非门: 有0出1, 全1才0.
- 或非门: 有1出0, 全0才1.
- 异或门: 相同出0, 不同出1.

门电路可由二极管, 三极管, CMOS管等实现.

积木准备完毕

设计摩天大楼

用门电路设计数字电路系统

明确电路的输入/输出功能

画出真值表

得出电路逻辑函数

化简函数

设计连接门电路

化简函数

逻辑数学公式

卡诺图

与逻辑

或逻辑

异或逻辑

$A \cdot A = 1, A \cdot A' = 0$

全加器

进行8位加法运算的加法器

8位输入A

8位输入B

负数的表示

例:与1的二进制数相加后湮灭为0的编码用来表示-1.

湮灭原因:全加器有限,进位溢出.

补码

基于正数,用和这个正数互补的编码定义负数的方式.

省略内容

得到负数的补码套路

八位二进制补码体系下:

正负数的划分

溢出失效问题

加减统一为加法

$A - B = A + (-B)$

加法器模块

其它常用功能模块举例

编码器

信号源

二进制编码

把多路通道信息转换成二进制编码,便于后续电路分析和使用的.

译码器

二进制编码

信号输出

n线-2^n线译码器:把n位二进制数翻译成不同的信号输出.

数据选择器

数据选择控制

00 01 10 11

多路数据

数据输出

A B C D

寻址的一种模型

通过地址引脚选择数据.

左图,完成内存/寄存器组的寻址功能.

内存/寄存器

数据选择器

两个与非门也可以组成SR锁存器.

R S Q Q'

Q保持

Q置1 → S置位端

Q清零 → R复位端

非法状态

注:Q与Q'时刻保持互补,Q作为存储端.

CLK:数字电路中控制执行流程的时钟信号(CPU主频).

CLK=1,锁存器锁死. CLK=0,锁存器正常. 通过CLK实现同步触发.

SR锁存器

CLK SR 触发器

输入反复横跳,易受电磁干扰.

单端输入

脉冲触发器

制作步骤:

SR触发器A作为输入, SR触发器B作为输出, 用CLK锁一开一.

边沿触发器

输出跟随主触发器(A)最后的输出. 将SR触发器换成D触发器

CPU功能

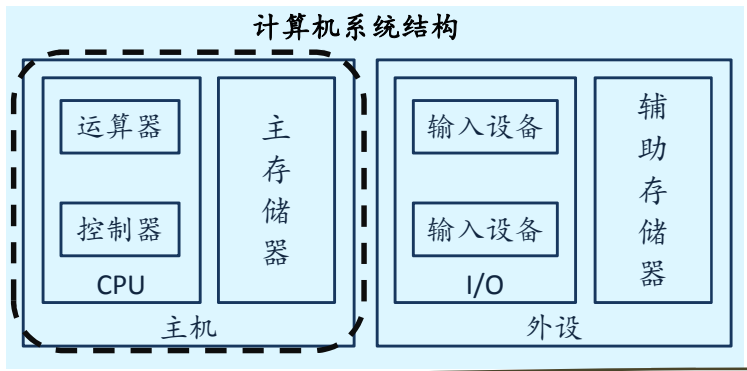
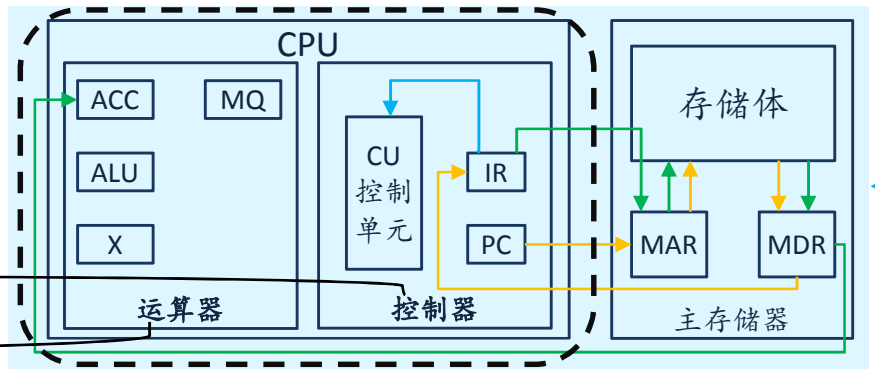
指令控制 取指令,分析指令,执行指令.

操作控制 管理并产生由内存取出的指令的操作信号,送往相应部件,控制部件按指令要求行动.

时间控制 为指令按时间顺序提供控制信号.

中断处理 异常情况和特殊请求

数据加工 算术和逻辑运算



高速缓冲存储器 (Cache, 不是寄存器)

存取速度比一般随机存取记忆体(RAM)快,常用SRAM. 存在于主存与CPU之间的一级存储器. 容量小,速度比主存高得多,接近于CPU的速度.

cache vs 寄存器

单总线方式 数据传输都依靠此公共通路.

专用数据通路 通用寄存器组直连ALU.

计数器 控制乘除运算的操作步数. 图中未示.

移位寄存器 暂时存储输出结果. 暂存寄存器+移位

程序状态字寄存器 保留由运算/测试指令结果而建立的各种状态信息. eg.溢出标志等.

算术逻辑单元 算术和逻辑运算组合逻辑电路

累加寄存器 暂时存放ALU结果,用于实现加法运算.

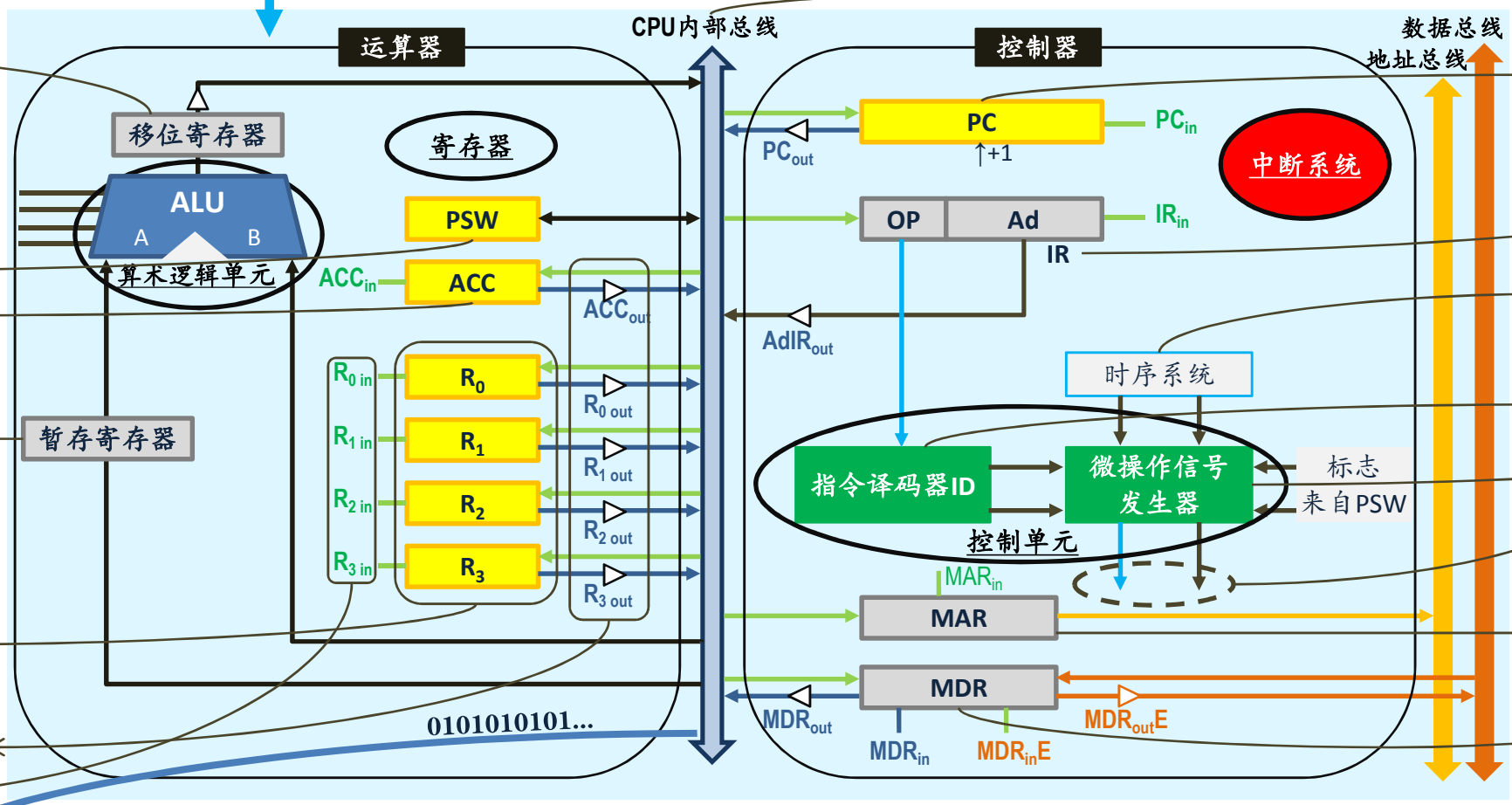
通用寄存器 区别来自总线的数据, A端数据来自暂存寄存器, B端数据来自总线.

暂存寄存器 存放地址信息和操作数(源操作数,目的操作数,中间结果).

用户可见寄存器(可编程)

用户不可见寄存器(不可编程)

半导体系列报告⑨ 中央处理器



程序计数器 指出下条指令在主存中的地址. 有自增功能. (指令顺序执行)

指令寄存器 保存正执行的指令. 操作码+地址码. 只有地址码传回总线.

时序系统 产生各种时序信号, 由时钟分频得到.

微操作信号发生器 根据操作信号+状态信息+时序信号, 产生控制整个计算机系统的各种控制信号.

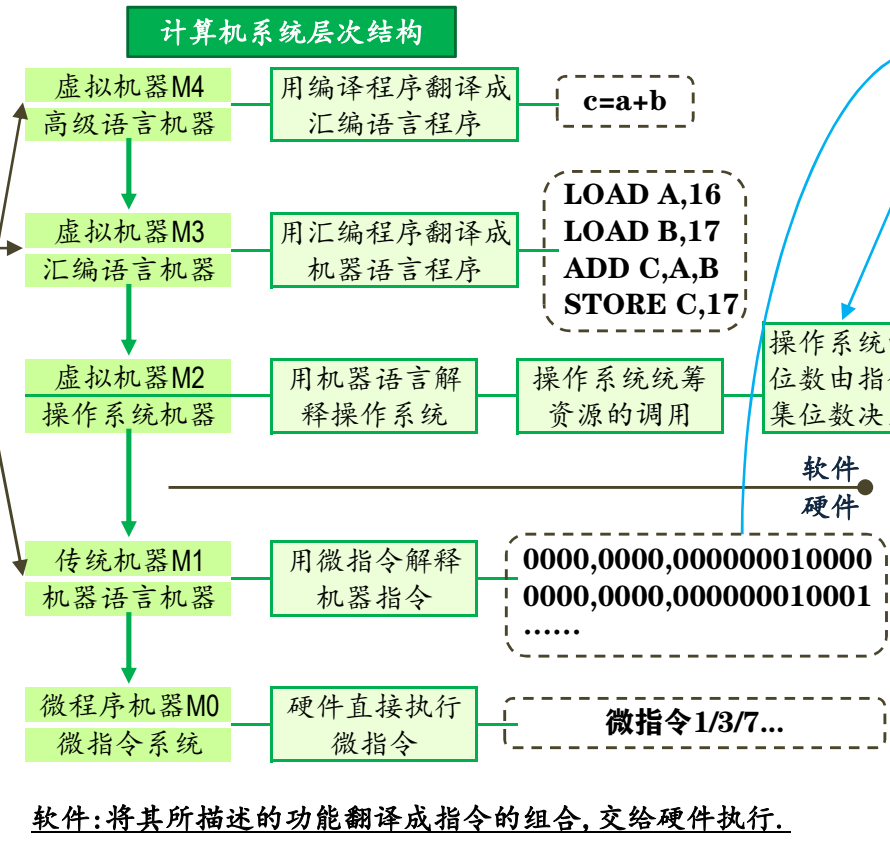
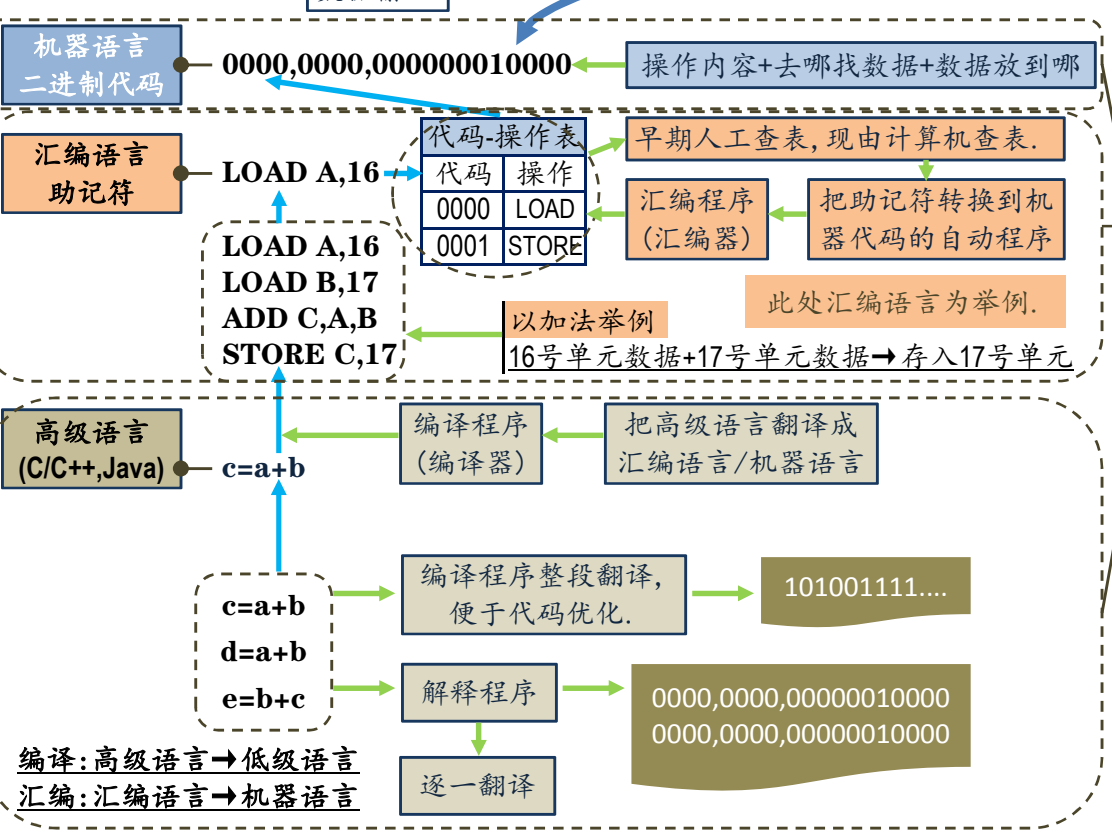
指令译码器 将操作码译码, 发送操作信号.

图中所有控制信号都由此产生.

存储器地址寄存器 存放所要访问的主存单元的地址.

存储器数据寄存器 存放向主存写入/从主存读出的信息.

逻辑上是属于存储器, 物理上属于CPU.



指令(机器指令) 指示计算机执行某种操作的命令. 是计算机运行的最小功能单位.

指令系统(指令集) 一套硬件支持的所有指令的集合.

一台计算机只能执行自己指令系统中的指令, 不能执行其他系统指令.

指令格式(以四地址指令为例)

操作码OP	A1	A2	A3(结果)	A4(下址)
0000	0000	0000	0000	0000

含义: (A1)OP(A2)→A3, A4=下一条要执行指令的地址.

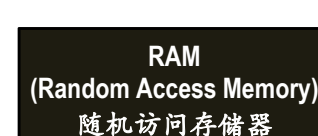
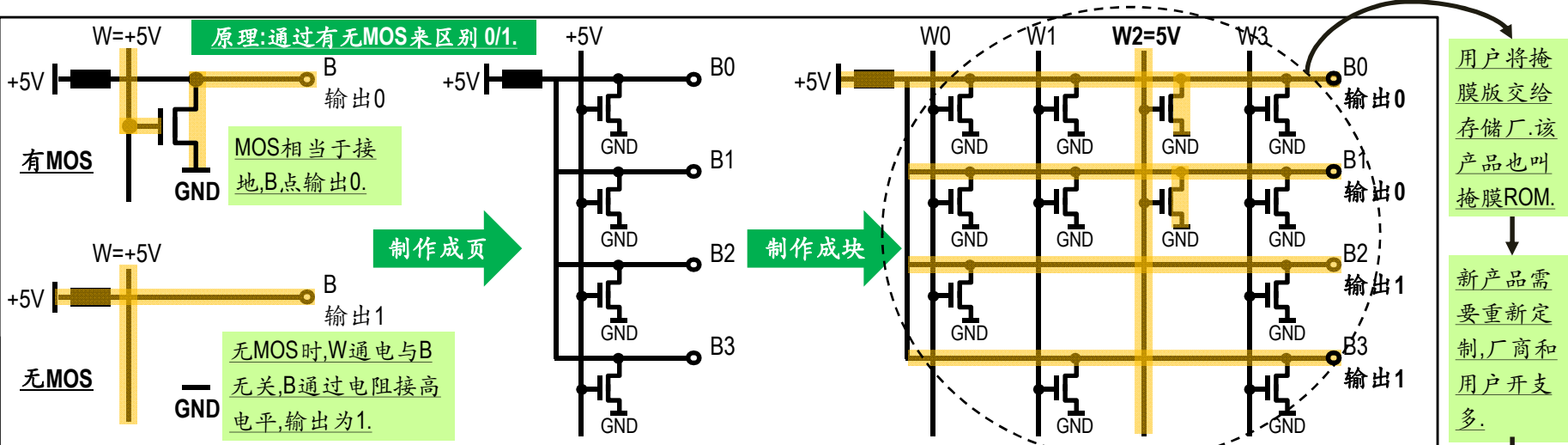
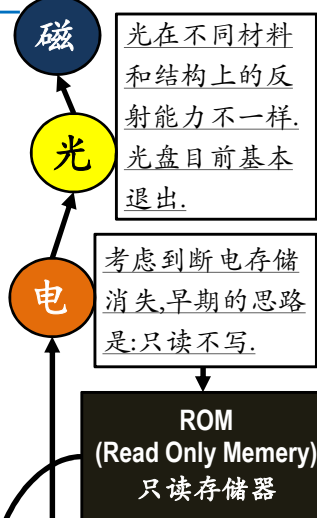
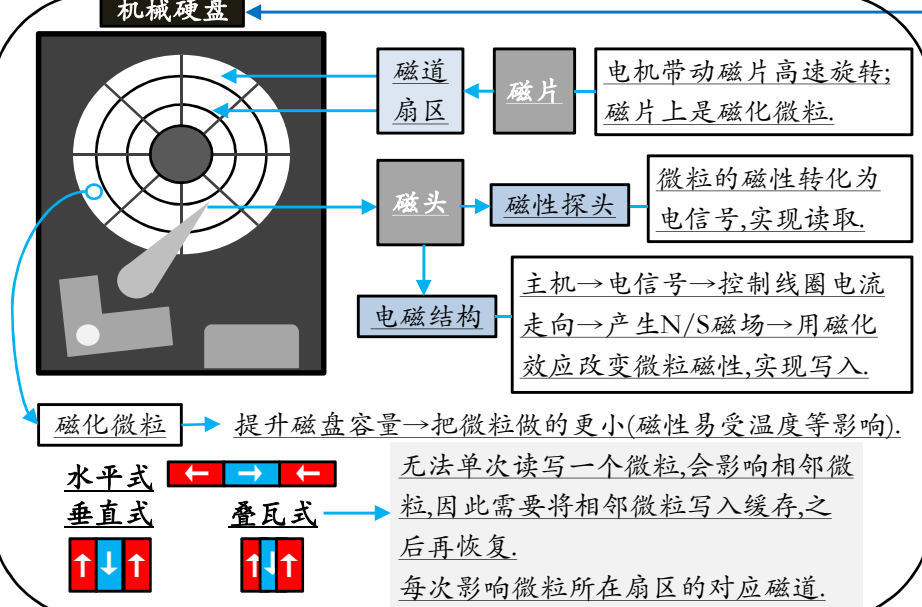
指令字长: 指令的二进制位数.

设指令字长32位, 操作码占8位, 4个地址码字段各占6位.

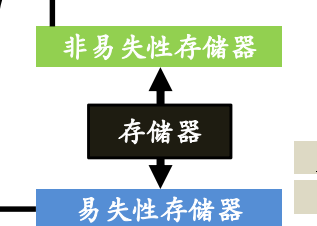
设计思路	CISC: complex instruction set computer	RISC: reduced instruction set computer
指令系统	复杂, 庞大	简单, 精简
指令数目	一般大于200条	一般小于100条
指令字长	不固定	定长
可访存指令	不加限制	只有Load/Store指令
各种指令执行时间	相差较大	绝大多数在一个周期内完成
各种指令使用频度	相差很大	都比较常用
通用寄存器数量	较少	多

子張
沐涔

软件: 将其所描述的功能翻译成指令的组合, 交给硬件执行.



ROM, RAM目前在功能上差异不大, 主要在电路结构和工作特点上.

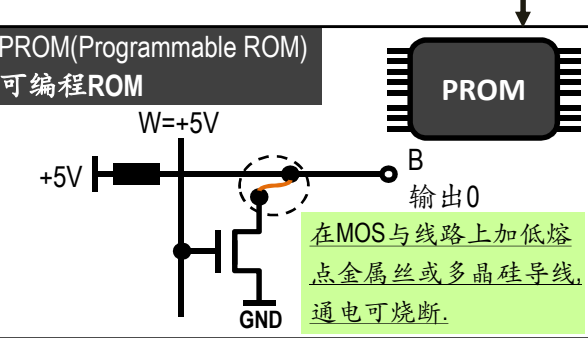
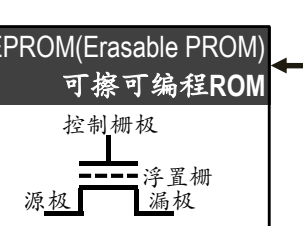


半导体系列报告⑩ 存储器

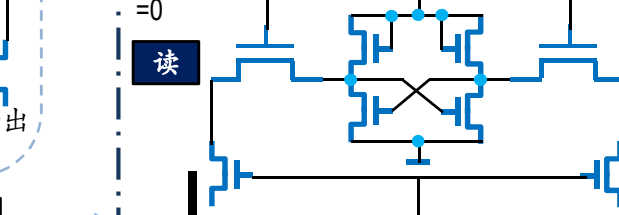
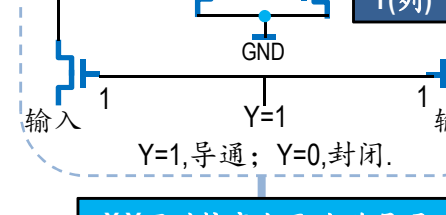
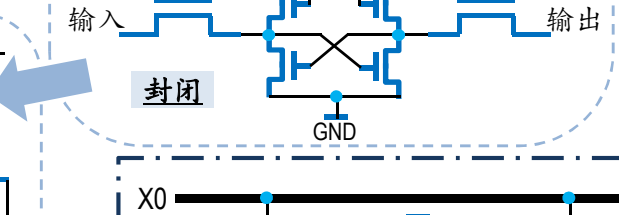
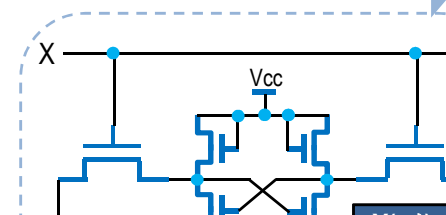
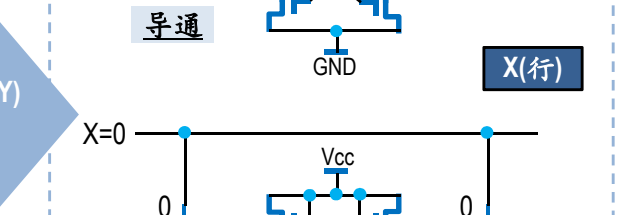
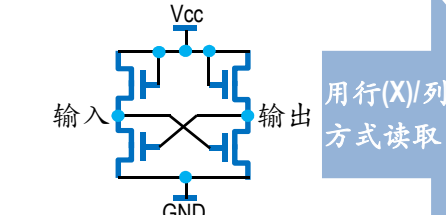
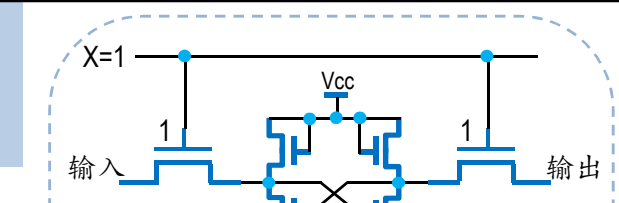
非易失: ROM, PROM, EPROM, EEPROM, Flash.

易失: SRAM, DRAM, ADAM, SDRAM.

浮置栅加电子后, 控制栅加正电压也不会导通, 相当于移除了该MOS. 浮置栅擦除电子后, MOS恢复工作.



用锁存器实现4个MOS的锁存结构. **SRAM** (可保存1位数据). 锁存器速度>>浮置栅充放电速度. RAM更迅速, 断电后无法保持数据. 锁存器原理参见报告⑧数字电路基础.



对于时序逻辑电路, 每个动作都发生在脉冲信号边沿(上升沿).

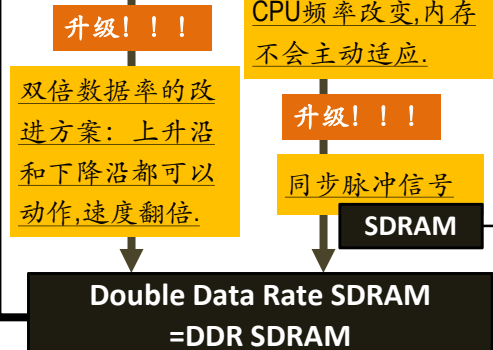
早期存储电路驱动采用异步脉冲信号, 与CPU时钟无关. **ADRAM**

CPU频率改变, 内存不会主动适应.

升级!!!

双倍数据率的改进方案: 上升沿和下降沿都可以动作, 速度翻倍.

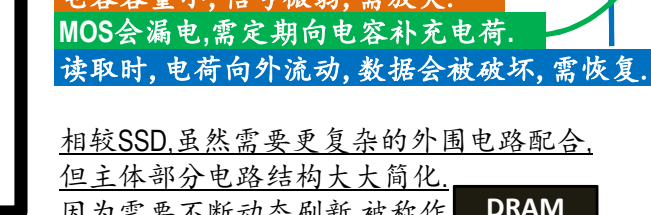
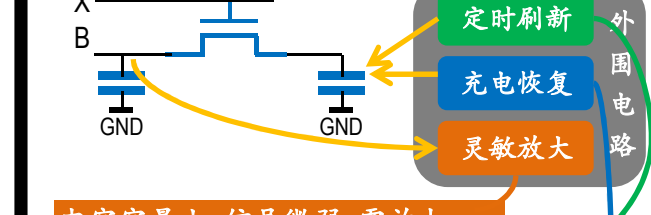
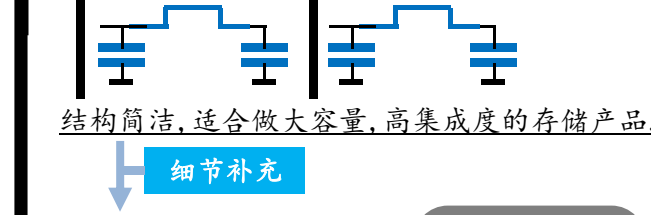
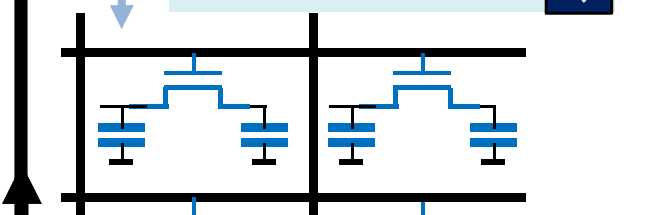
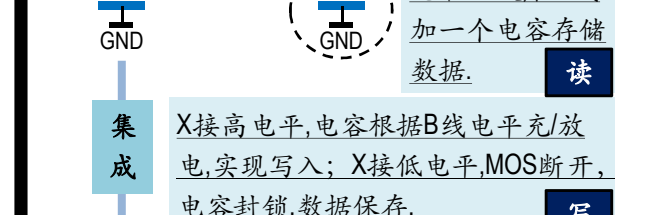
同步脉冲信号 **SDRAM**



DRAM 用电容实现. 电容是电荷直接充放, 速度>>浮置栅.

X接高电平, MOS导通, B线电位与电容一致, 在B线加一个电容存储数据. **读**

X接高电平, 电容根据B线电平充/放电, 实现写入; X接低电平, MOS断开, 电容封锁, 数据保存. **写**



早期方法

+电子: 源极漏极间加25V电压, 产生热电子, 通过控制栅产生的电场, 击穿势垒进入浮置栅.

-电子: 紫外线/X射线照射SiO₂层, 产生电子空穴对, 释放电子, 需20-30分钟. 擦除后, 需用不透明胶布封好石英板.

PROM, EPROM, EEPROM 需要用编程器, 按需求写入数据.

EEPROM (Electrically EPROM) 利用量子隧穿, 用电带电可擦可编程ROM

Flash 闪存

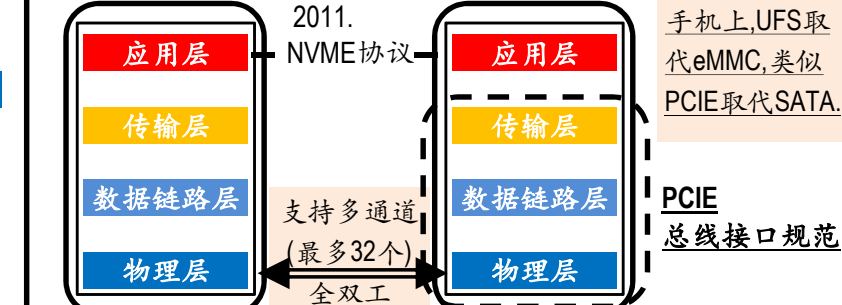
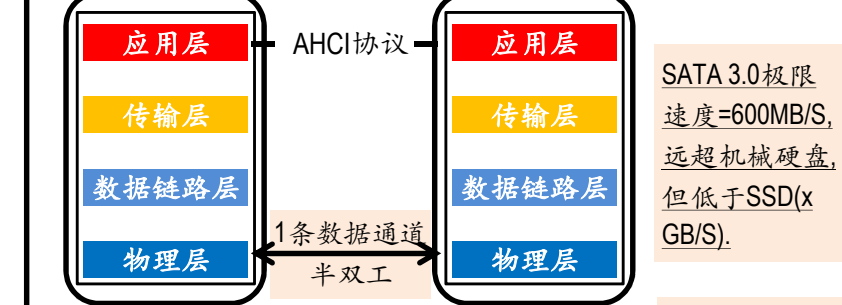
将写入/擦除需要的高电压通过升压&降压控制电路, 统一集成在闪存芯片中, 不再需要编程器. 用于固态硬盘/U盘/SD卡/TSD卡/手机存储器等.

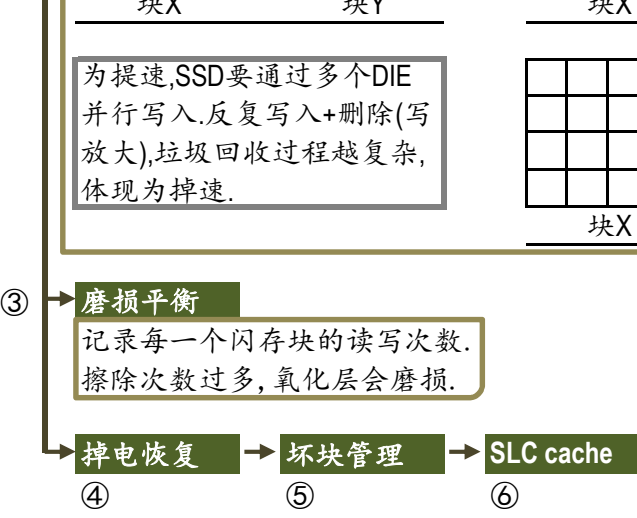
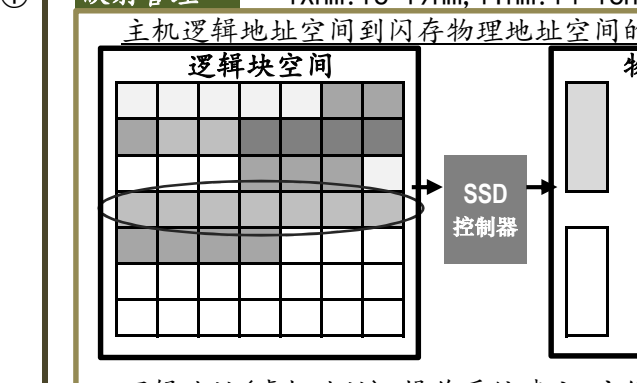
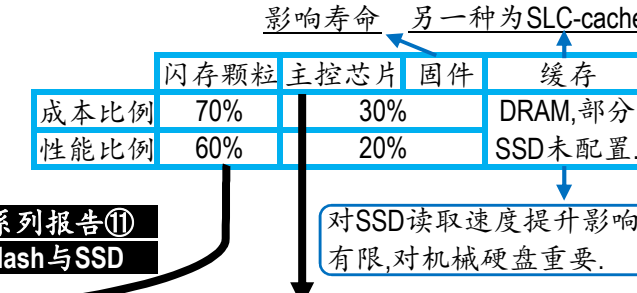
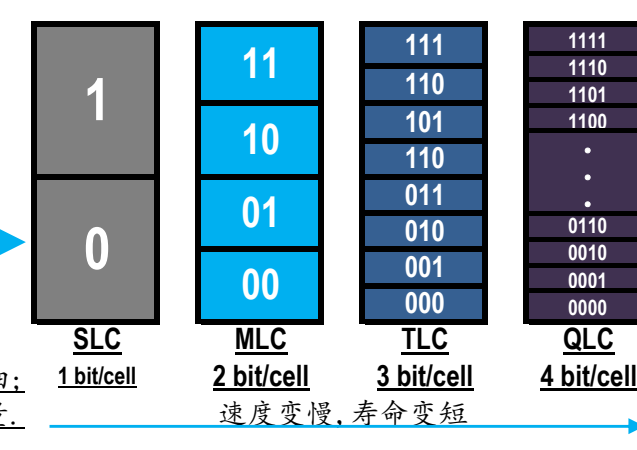
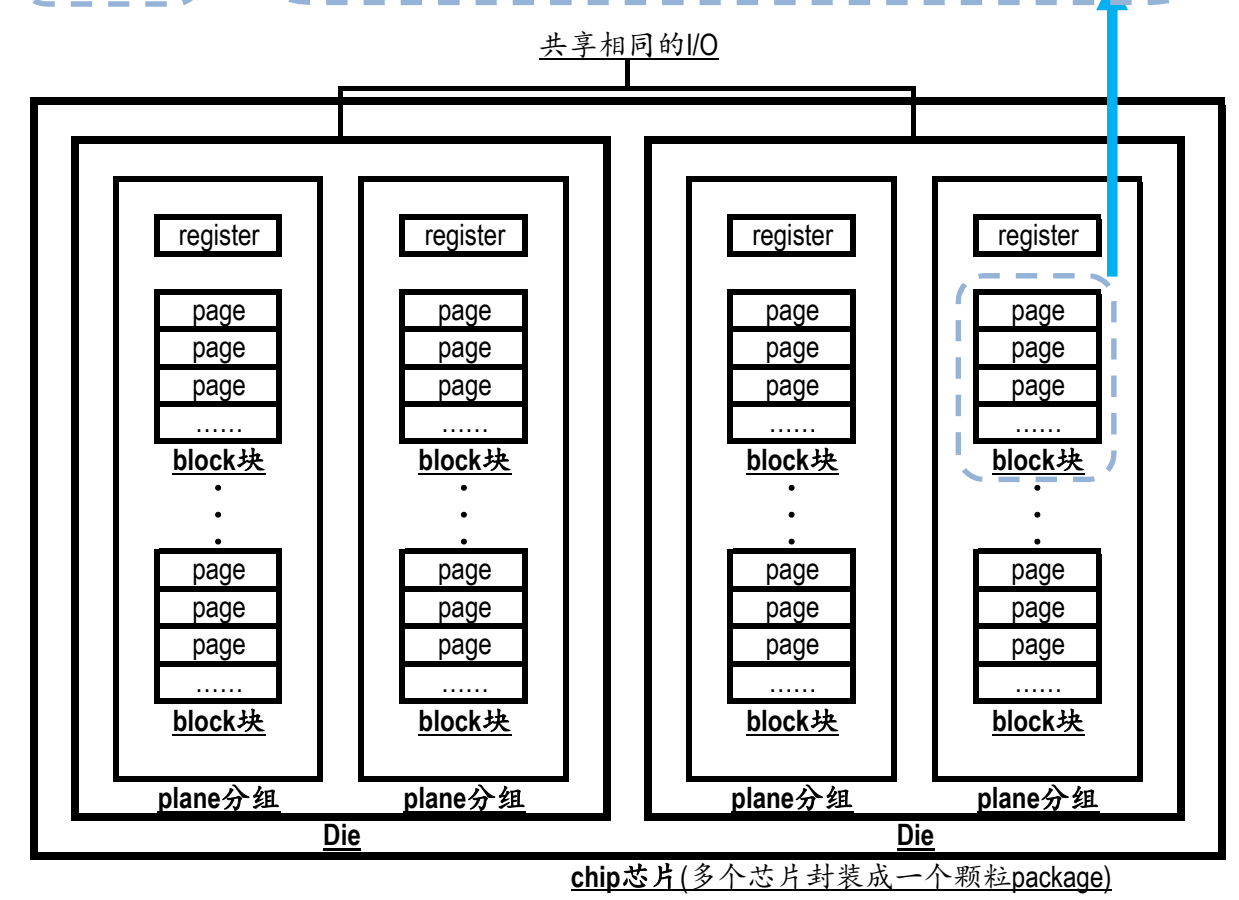
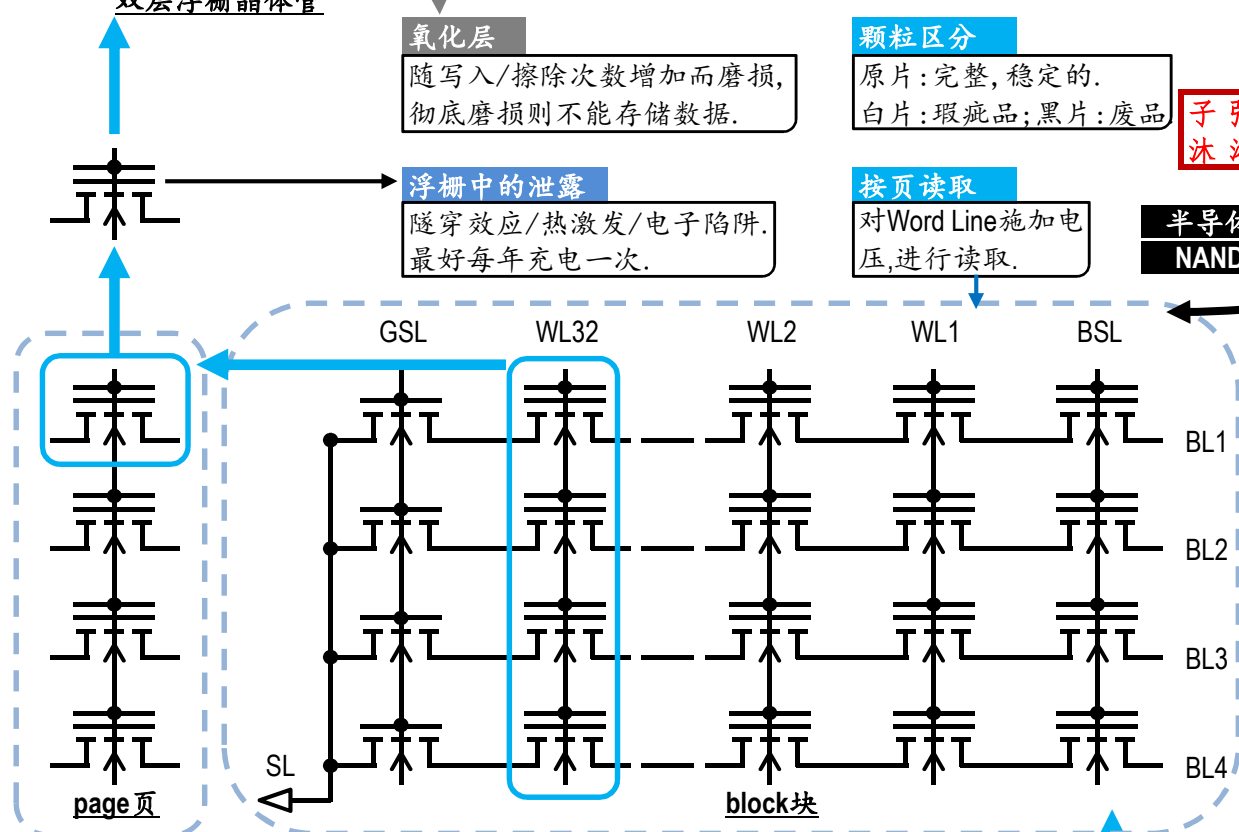
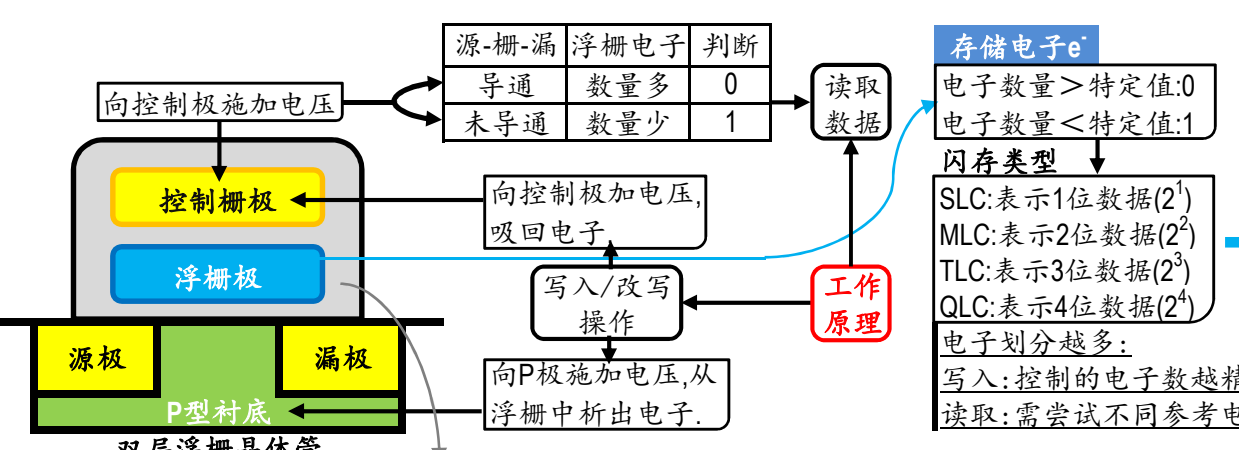
SLC/MLC/TLC/QLC, 主控芯片等参见报告⑬NAND Flash与SSD.

附: 总线接口规范

SATA总线接口规范 (Serial ATA, 串行ATA)

2001, 由intel, APT, DELL, IBM, SEAGATE, MAXTOR推出.



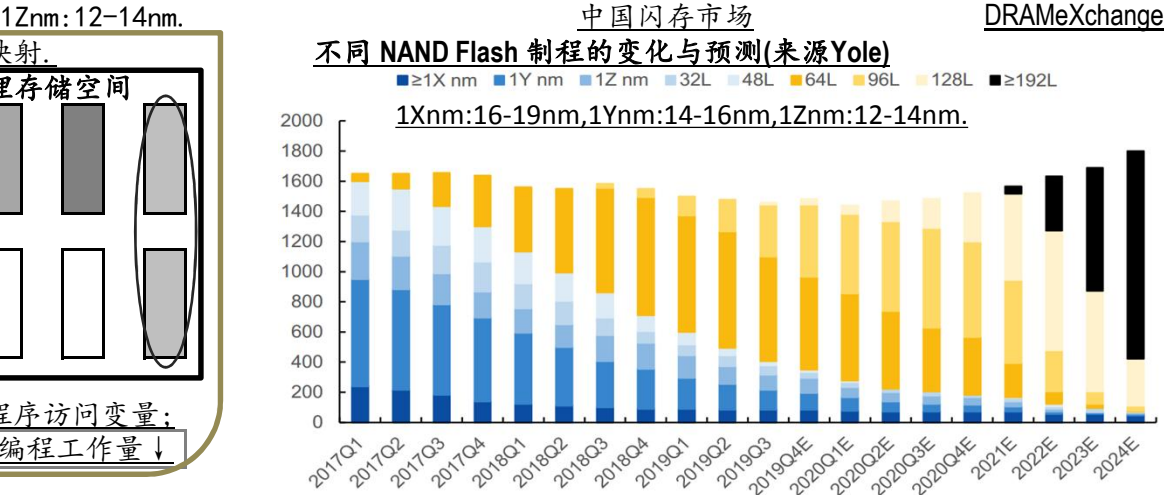


测评(AS SSD)	读取	写入	读取	写入	读取	写入
连续读写	165.92 MB/s	159.01 MB/s	513.21 MB/s	487.98 MB/s	2974.60 MB/s	2145.97 MB/s
4K	0.68 MB/s	1.96 MB/s	42.25 MB/s	128.04 MB/s	61.62 MB/s	200.74 MB/s
4K-64随机	2.25 MB/s	2.00 MB/s	389.94 MB/s	338.56 MB/s	1315.32 MB/s	2121.19 MB/s
访问时间	15.019 ms	10.588 ms	0.030 ms	0.023 ms	0.033 ms	0.055 ms
	机械硬盘		860 evo(SATA3)		970 evo plus(M.2 nvme)	

名称	含义	举例
连续读写(顺序读写)	单个/几个数量较少的独立大文件.	1个6G的电影或压缩包.
4K(单线程4K随机读写)	体积不大但数量多的分散性文件.	大部分软件,win操作系统.
4K-64随机(64线程随机读写)	并发一次做许多多线程4K随机读写	
访问时间	访问延迟	

SATA	M.2(M型接口)	M.2(PCIe接口)
老式接口	PCIe×4总线	PCIe×4总线
SATA总线	PCIe×2总线	支持NVME协议
≤550MB/s	SATA总线	socket 3接口

NAND Flash市场规模(\$亿)	2019 NAND Flash原厂颗粒	NAND Flash下游产品占比
2016	三星	手机
2017	铠侠(东芝)	SSD
2018	西数/闪迪	游戏机
2019	美光	平板电脑
2020E	SK海力士	USB
Yole	英特尔	其他



主要NAND Flash厂商制程变化及预测(来源Tech Insights)	2017	2018	2019	2020	2021	2022
三星	3D 64层20nm	96层20nm	128层20nm			更高层数
东芝	3D 64层19nm	96层20nm	128层20nm			192层以上
西数						
美光	3D 64层20nm	96层	128层			192层
Intel						
Hynix	3D 48层31nm	72层31nm	96层	128层		192层
长存	3D	32层	64层	128层		192层

自产颗粒	三星	东芝	西数	美光	Hynix	Intel	OCZ
颗粒	三星	东芝	闪迪			Intel	固件 英睿达,浦科特
主控	三星	东芝	闪迪			Intel	主控 美满(1st梯队), 慧荣,群联,智威
固件	三星		闪迪			Intel	

全球电感行业格局

	2018	2020
村田	14%	22%
TDK	13%	20%
奇力新	7%	10%
太阳诱电	13%	8%
威世		6%
顺络电子	7%	6%
乾坤科技		10%
美磊	4%	
其他	42%	18%
合计	100%	100%

④210315P12 ⑤210329P19
④210207P7 ⑤210329P22

全球电感格局(绝对值,\$亿)

	营收	净利	电感+射频营收
村田	124.64	13.27	28.67
太阳诱电	22.20	4.82	3.55
TDK	115.55	5.77	14.32
顺络电子	3.63	0.74	2.89
麦捷科技	2.22	-0.54	0.64

④210315P13

2019全球电感分功能占比

	村田市占
功率电感(非一体成型式)	46%
功率电感(一体成型式)	38%
射频电感	16%
合计	100%

⑤210329P11 ⑤210329P21

被动元件市场规模

电容	223	射频器件	34
电阻	33	其他	
电感	43	合计	334

③210328P5

数据来源图例

- ④ 野村东方
- ⑤ 国信证券
- ⑥ 安信证券
- ⑦ 东北证券
- ⑧ 中国产业信息网
- ⑨ 智研咨询
- ⑩ 国际电子商情
- ⑪ 中国电子元件行业协会

2019全球电感终端应用占比

	按产值	按数量
移动通信	35%	55%
工业基建	22%	8%
电脑	20%	25%
汽车	13%	4%
家庭电子	5%	7%
军工+医疗+航空航天	5%	1%
合计	100%	100%

▲⑤210329P11

顺络电子下游营收比例

智能手机	40%
5G(基站+网络+模组)	15%
网络	13%
消费电子	13%
汽车电子	8%
其他	11%
合计	100%

⑤210329P49

2018中国汽车电子产品市场

车载电子	22%
车身电子控制	22%
底盘与安全控制	32%
动力控制系统	24%
合计	100%

⑤210329P66

顺络电子生产成本结构

电极浆料(银)	
瓷粉	40%
溶剂	
其他	60%

④210315P15

2019全球被动元器件占比

中国	43%
亚洲(除中国和日本)	20%
欧洲+中东+非洲	18%
美洲	11%
日本	8%
合计	100%

⑤210329P11

顺络电子产品营收比例2020

电感+变压器	73%
射频元件	6%
传感器	8%
精密陶瓷产品	8%
PCB+电容等	5%
合计	100%

⑤210329P48

全球电感需求预测

	出货量					功率电感(亿个)					射频电感(亿个)				
	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2019	2020E	2021E	2022E	2023E
智能手机(亿部)															
2G+3G	3	3	3	2	2	32	26	27	23	23	158	129	135	115	115
4G	14	10	9	6	6	340	262	213	150	145	1633	1258	1020	720	696
5G	0	2	5	8	8	5	62	150	240	246	27	350	840	1344	1378
合计	17	15	17	16	16	377	350	390	413	414	1818	1737	1995	2179	2189
基站(千个)															
4G	2610	1800	1600	1400	1200	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	2.6	1.8	1.6	1.4	1.2
5G	245	1083	1133	1167	1200	0.1	0.7	0.7	0.7	0.7	1.5	6.5	6.8	7.0	7.2
合计	2855	2883	2733	2567	2400	0.6	1.1	1.0	1.0	0.9	4.1	8.3	8.4	8.4	8.4
汽车(百万台)															
汽油车	85.6	71.5	75.9	75.4	73.4	35.9	30	31.9	31.7	30.8	85.6	71.5	75.9	75.4	73.4
混合动力车	3.2	4.1	6.7	8.8	11.2	2.7	3.4	5.6	7.4	9.4	3.8	4.9	8	10.5	13.4
插电式混合动力车	0.6	1	1.6	1.8	2.1	0.7	1.3	2	2.3	2.6	0.8	1.5	2.3	2.7	3.1
电动汽车	1.7	2.3	3.5	4.4	5.6	2.8	3.8	5.8	7.4	9.5	3.5	4.7	7.3	9.3	11.8
合计	91.1	78.9	87.7	90.4	92.3	42.1	38.5	45.3	48.8	52.3	93.7	82.6	93.5	97.9	101.7
功率+射频(亿个)															
功率电感	2963	2977	2838	2673	2508	420	390	436	463	467	1916	1828	2097	2285	2299

⑤210329P14

全球电感市场预测(\$十亿)

	电感市场					同比增长					占比				
	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2020E	2021E	2022E	2023E	CAGR	2019	2020E	2021E	2022E	2023E
通讯(手机+基站)	1.4	1.3	1.5	1.6	1.6	-7%	15%	7%	0%	7.2%	30%	28%	29%	30%	29%
功率电感	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1										
射频电感	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4										
其他通讯	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0%	20%	0%	17%	11.9%	11%	11%	12%	11%	13%
计算机	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	11%	10%	0%	0%	3.2%	20%	22%	21%	21%	20%
汽车	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0%	17%	0%	14%	10.1%	13%	13%	13%	13%	15%
功率电感	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7										
射频电感	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1										
工业及其他	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	0%	8%	0%	0%	2.7%	26%	26%	25%	25%	24%
合计	4.6	4.6	5.2	5.3	5.5	0%	13%	2%	4%	6.1%	100%	100%	100%	100%	100%

注:其他通讯包括(网络+IoT+可穿戴),CAGR指2020-2023年。⑤210329P15

片式电感器分类

绕线式	绕线工艺	无线充电线圈
		电子变压器
		一体成型扼流圈
叠层式	叠层/烧制工艺	叠层电感
		LTCC
		精密陶瓷设备
		传感器

⑤210329P59

LTCC成本结构

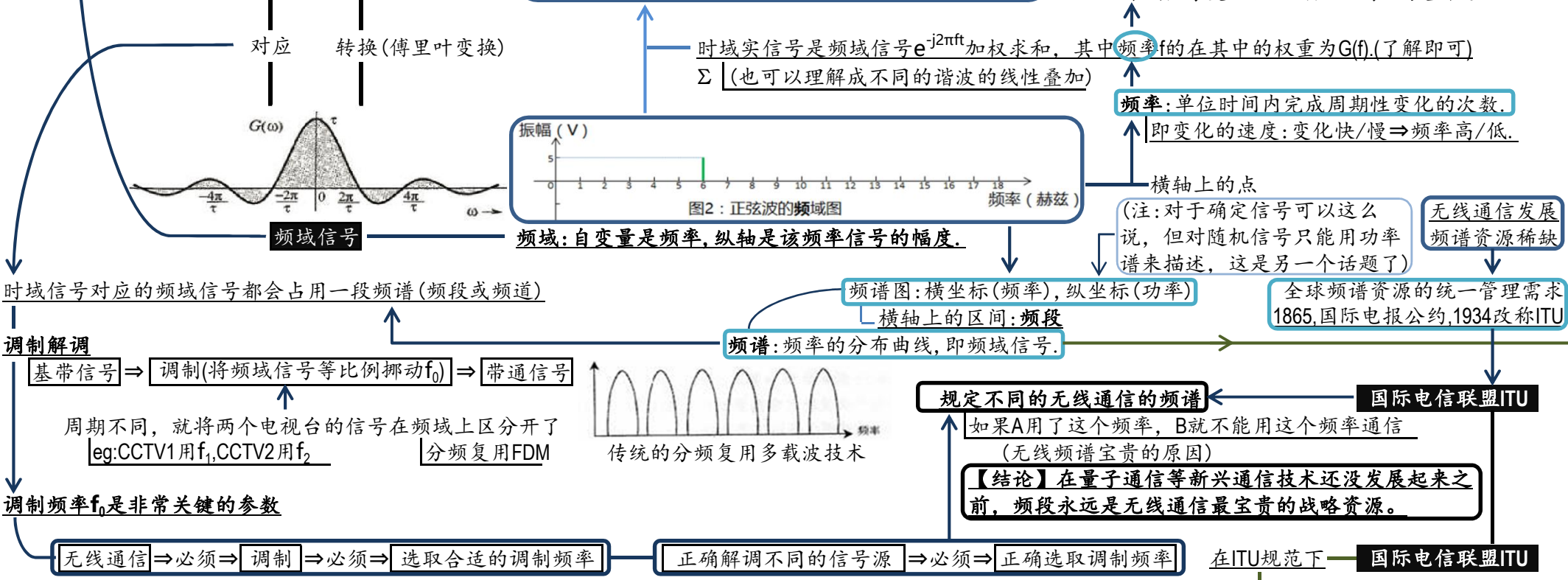
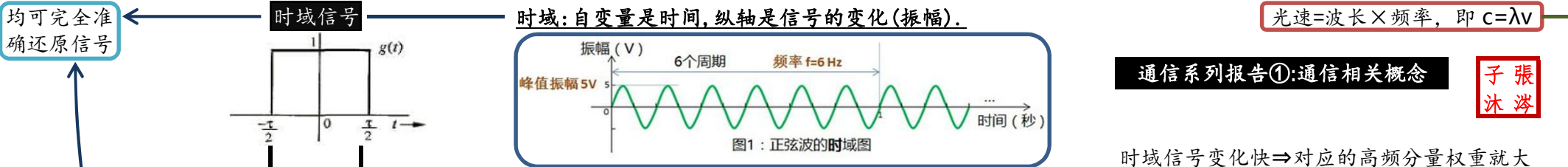
瓷粉	
电极材料	50%
有机试剂	
其他	50%

⑤210329P63

2019全球LTCC占比

村田	28%	太阳诱电	6%
京瓷	15%	环德电子	6%
TDK+EPCOS	12%	华新科	5%
博世	8%	Sorep-Erulec	3%
CTS	8%	奇力新	3%
新美科	7%	顺络电子	1%
80%以上用于智能手机		合计	0%

⑤210329P61



国际电信联盟ITU

1.将无线电频谱分为14个频带

带号	频带名称	频率范围	波段名称	波长范围
-1	至低频 (TLF)	0.03-0.3Hz	至长波或千米波	10000-1000 兆米 (Mm)
0	至低频 (TLF)	0.3-3Hz	至长波或百米波	1000-100 兆米 (Mm)
1	极低频 (ELF)	3-30Hz	极长波	100-10 兆米 (Mm)
2	超低频 (SLF)	30-300Hz	超长波	10-1 兆米 (Mm)
3	特低频 (ULF)	300-3000Hz	特长波	1000-100 千米 (km)
4	甚低频 (VLF)	3-30kHz	甚长波	100-10 千米 (km)
5	低频 (LF)	30-300kHz	长波	10-1 千米 (km)
6	中频 (MF)	300-3000kHz	中波	1000-100 米 (m)
7	高频 (HF)	3-30MHz	短波	100-10 米 (m)
8	甚高频 (VHF)	30-300MHz	米波	10-1 米 (m)
9	特高频 (UHF)	300-3000MHz	分米波	10-1 分米 (dm)
10	超高频 (SHF)	3-30GHz	厘米波	10-1 厘米 (cm)
11	极高频 (EHF)	30-300GHz	毫米波	10-1 毫米 (mm)
12	至高频 (THF)	300-3000GHz	丝米波或亚毫米波	10-1 丝米 (dmm)

授权频谱

得到工信部的授权之后才能使用.

eg: 2G/3G/4G/5G

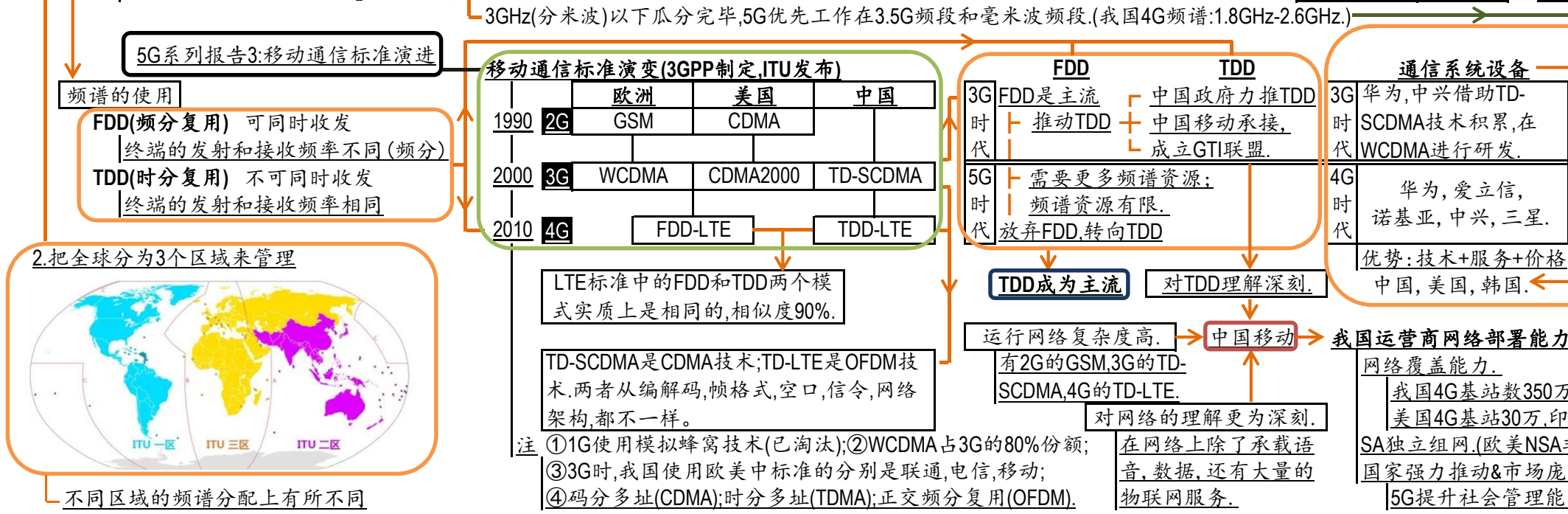
授权给移动、联通和电信.

无线通信频谱

非授权频谱

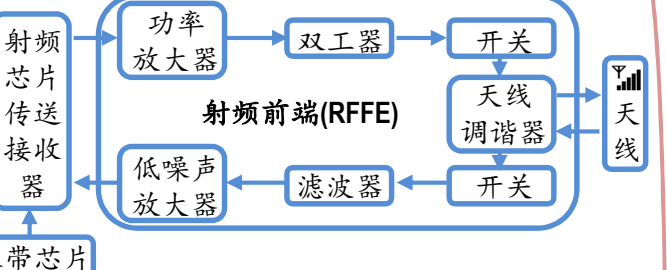
不需要经过工信部同意. eg: WIFI

3GHz(分米波)以下瓜分完毕, 5G优先工作在3.5G频段和毫米波频段.(我国4G频谱: 1.8GHz-2.6GHz.)



投资领域⑥:终端-天线

4.5G阶段:4x4 MIMO(iPhoneX是2x2 MIMO)
三星Note7,华为P10,小米MIX2.
终端天线阵列继续扩容
5G初期或不向下兼容(另准备4G/3G天线)
空间限制更严格(手机轻薄化)
技术: LDS天线(激光直接成型)
FPC天线(柔性电路板)
焦点不是技术,而是材料
设计和制作难度很高
LCP材料(液晶聚合物)
可解决5G高频,手机全面屏等问题,符合天线向射频前端集成的趋势.
生产商: 村田(日),安费诺(美),嘉联益(台),立讯(台).
注:信维通信17.11下跌,18.01消息称其不是苹果2018新机天线供应商.



投资领域⑦:终端-射频前端

趋势:集成化
5G所需元件增加→电路板空间紧张.
主要做法:并购以求关键技术互补.
关键点:功率放大器&滤波器
功率放大器(PA)
射频信号需放大到足够的功率才能送到天线上辐射出去.
5G时代对PA带来的改变:
单机需求数量和复杂制作成本↑↑
集成化的多发地,开关和双工器以加入,单机成本:4G \$2.6;5G \$7.
制作工艺变迁:GaAs/GaN制程工艺将逐渐替代CMOS,利润↑
硅单晶材料 → 砷化镓 → 氮化镓
Si CMOS,低端商用 | GaAs,高端民用 | GaN高端军用
芯片厂商三种模式:①Fabless,只做设计,eq.高通;②Foundry,代工厂,eq.台积电;③IDM:全产业链一条龙,eq.射频三巨头Skyworks, Qorvo, Avago
滤波器(Filter) (让有用信号通过,反射无用信号,最终得到一个特定的频率)
整个射频前端RFFE最大的蛋糕→射频前端整体集成的最高门槛
几何级数的增长
MEMS工艺的BAW尚处于开荒阶段
① 新型天线MIMO架构可能在每根天线后都加滤波器,手机终端同频段的滤波器同步增加.(数字概念:单机数量从4G的30+颗增到5G的100+颗)
② 5G高频段对滤波器性能要求非常苛刻,必须用新滤波器.(新旧并存)
进化之路
声表面波SAW(低端产品)
电信号→声信号→电信号输出
热补偿SAW(TC-SAW)
过渡产品,没有解决高频适用性,制作工艺和成本亦是介于中间.
体声波BAW(BAW对24GHz以上仍无能为力,前瞻技术采用毫米波MEMS滤波器)
适用于5G高频段,对温度变化不敏感,体积非常小,制作工艺和成本均高.
现状:Murata和TDK垄断SAW,Avago和Qorvo垄断BAW.(附:小基站对BAW的需求(体积))
国内(SAW低端产品毛利率并不好看,但国内产能缺口非常非常之大)
中电26所(重庆声光电):华为,中兴SAW供应商,提供军工产品,与麦捷科技合作.
中电55所(德清华莹):有产品&技术,无市场.与信维通信合作开发终端滤波器.
低温陶瓷共烧工艺LTCC:可理解为RF模块集成必选之路(元件尺寸趋小),领军:村田(日).
信维通信搞定射频电子材料,磁性材料和LTCC工艺;麦捷科技LTCC射频元器件国内市场份额第一.

通信系列报告②:5G设备产业链

子張
沐 涔

4G网络架构图

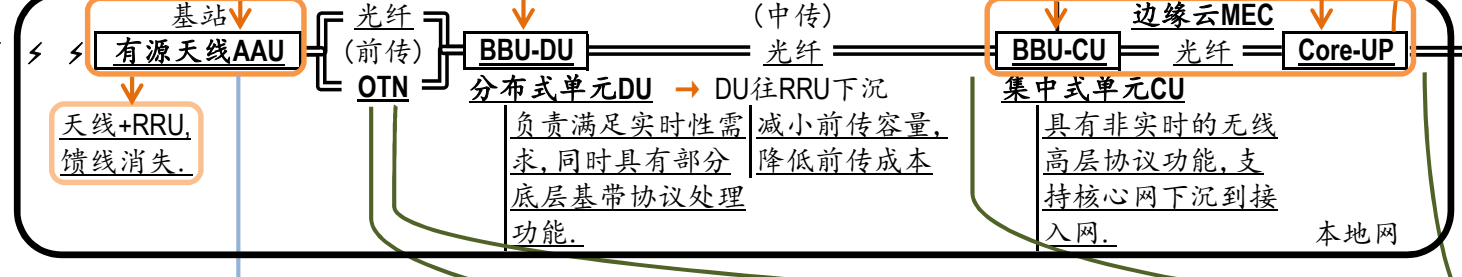


结论:以宏站为主业的综合性通信厂商将继续占领.

投资领域②:基站-小站

小站特点:小,要素基本与宏基站相同.
RRU, BBU, 有源天线, 直放站.
4G时代:宏站覆盖为主,小站定向补充.
5G时代:小站数量大幅增加.
原因:
① 5G频率高,波长短,覆盖范围小.
② 室分系统换血.
用室内分布方案来保证指定区域拥有理想的信号覆盖.
4G时代多加一个配套RRU即可,但旧有室分器件不支持5G高频.
解决方案:有源室分系统.
① 中移动计划新型室分占比到70%.
② 华为很早就在推有源室分
LampSite解决深度覆盖问题.

5G网络架构图



投资领域①:基站-天线

Massive MIMO大规模天线技术
MIMO:多根发射天线和接收天线.
Massive:产生维度飞跃.
4G时代已熟练运用 射出更强信号
相对独立不太需要等标准制定,在Pre-5G阶段就可以上线.
事件:2017.4,中移动正式采购.
优点:大幅提升频谱效率进而提高网络容量,降低干扰,降低时延,降低基站成本.
上游:原材料
部分向中游展业.
中游:寡头
华为,凯瑟琳,康普:65%
下游:寡头
运营商/设备商采购.
结论:竞争激烈,且龙头不在二级市场(华为).
天线阵列不使用馈线连接.
集成所需的射频器件技术.
有源天线AAU(有源/无源:有没有电源).
接收天线模块(无源天线)+低噪声放大模块+电源供给模块
有源器件用来进行信号放大和变换,无源器件用来进行信号传输.
优势:①RRU和天线合并,简化配套要求,可快速安装/更换.
②馈线部分损耗减小,提升网络覆盖性能.
③尺寸小,选址难度低.(小站时代降临)

光传送网OTN

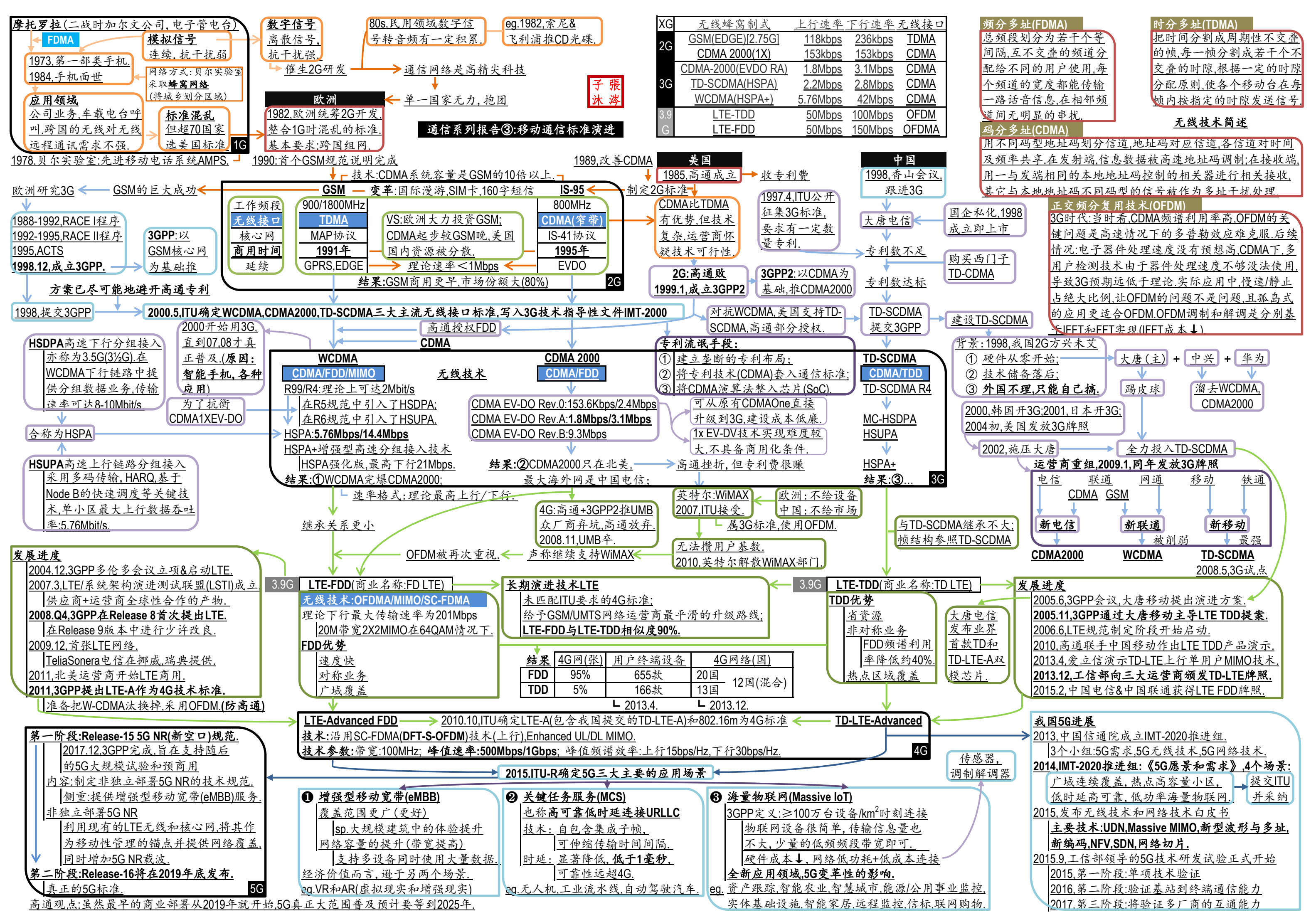
运用波分复用技术WDM(用于光纤骨干网),成倍提高容量.
目前主要用在光纤受限和时延要求高的场景.
结论:对光纤需求量并没有太多的冲击.
更偏向芯片板块
投资领域⑧:终端-芯片
产业变迁:美→日→韩台→大陆
产业链
芯片设计:日美垄断;
芯片制造:设备制造&晶圆代工.
封装测试:技术最低. 国内不能自足

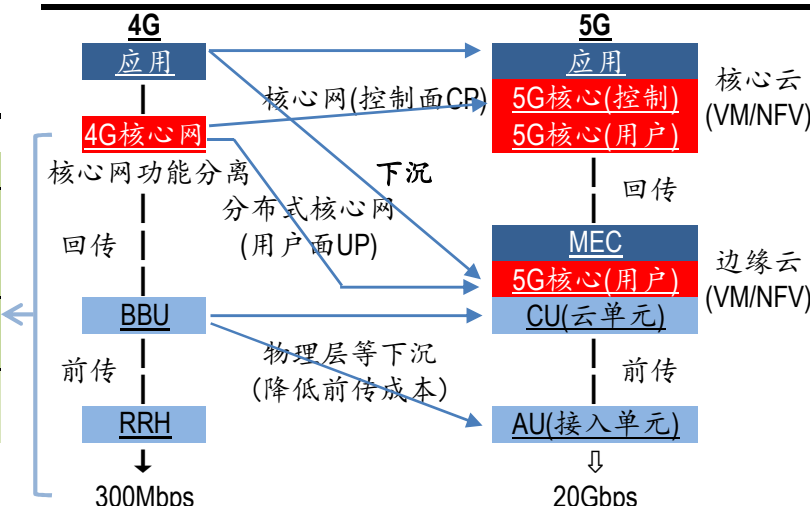
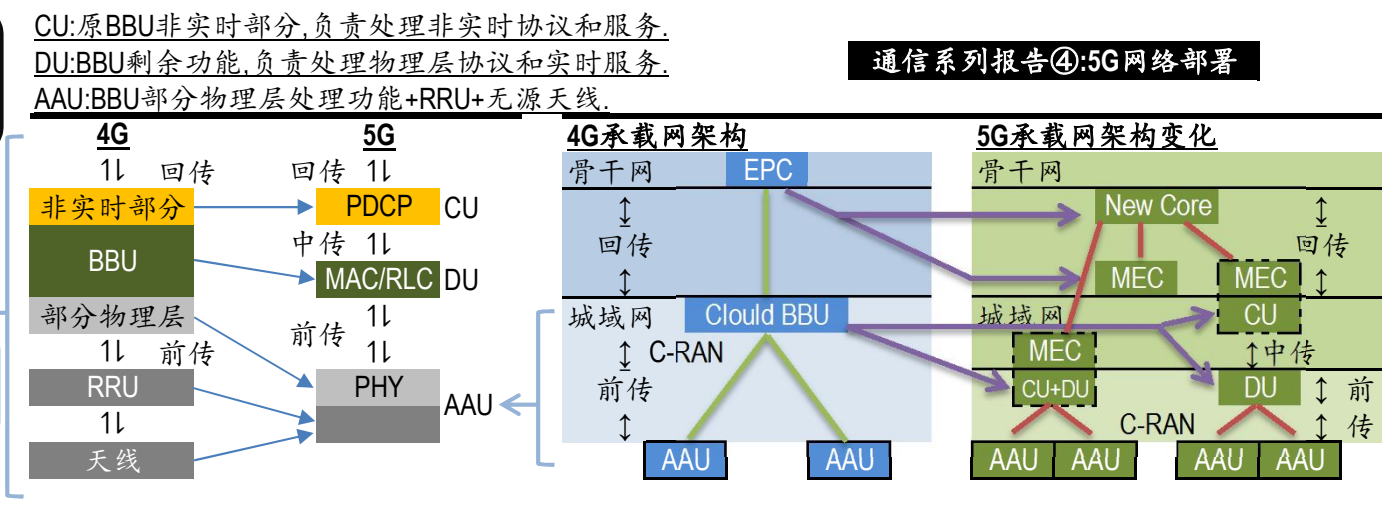
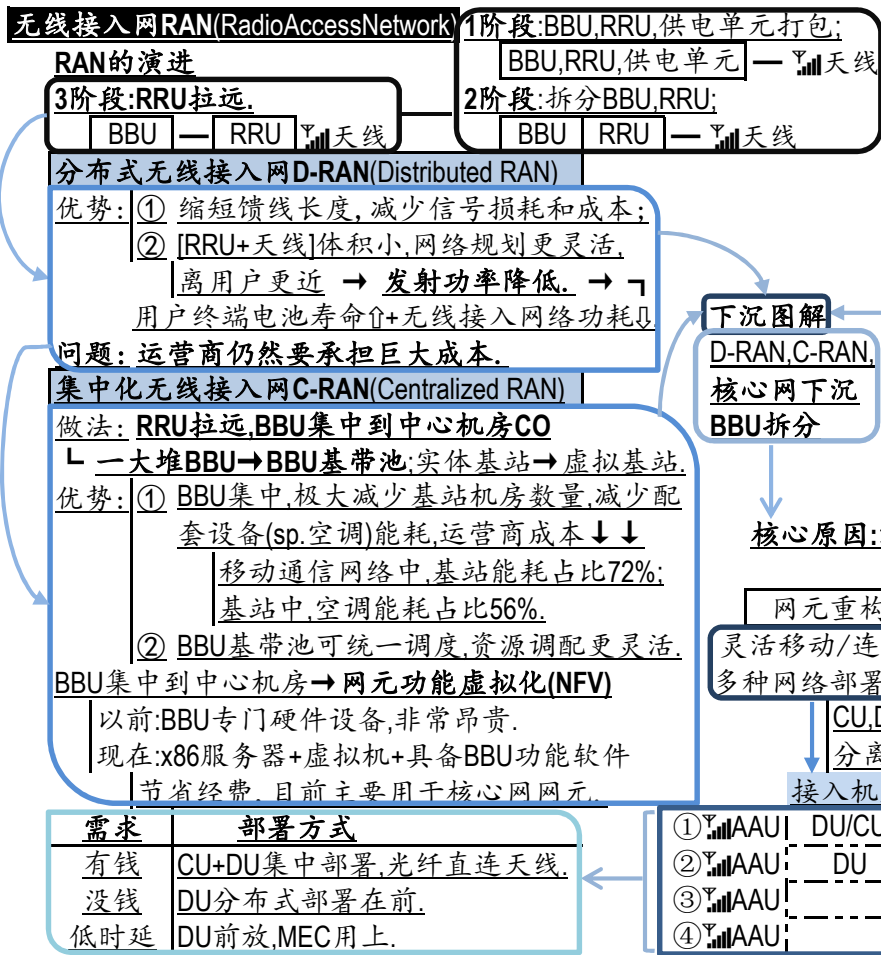
投资领域④:传输-光纤光缆

光纤:没有技术革命,全部靠量.
需求:基础行业周期+5G时代预期
2016触底,2017上升
2017扩产+2年扩产周期
5G需求不好估算,但光纤增量是必然的
国产化程度较高的单一核心(光棒)产业链条
拼的就是龙头企业规模效应
需求量:进口替代已经基本完成,可内可外.
中移动光缆安装量=北美+西非+东欧+中东
产业链
光棒(光纤预制棒)(除小部分,均自给)
原料(锗矿石,多晶硅)+(H₂,He₂)=石英玻璃棒
产业链利润占比70%,技术最高,有壁垒.
光纤(光棒拉丝制成光纤)
光缆(光纤加上保护套制成光缆)

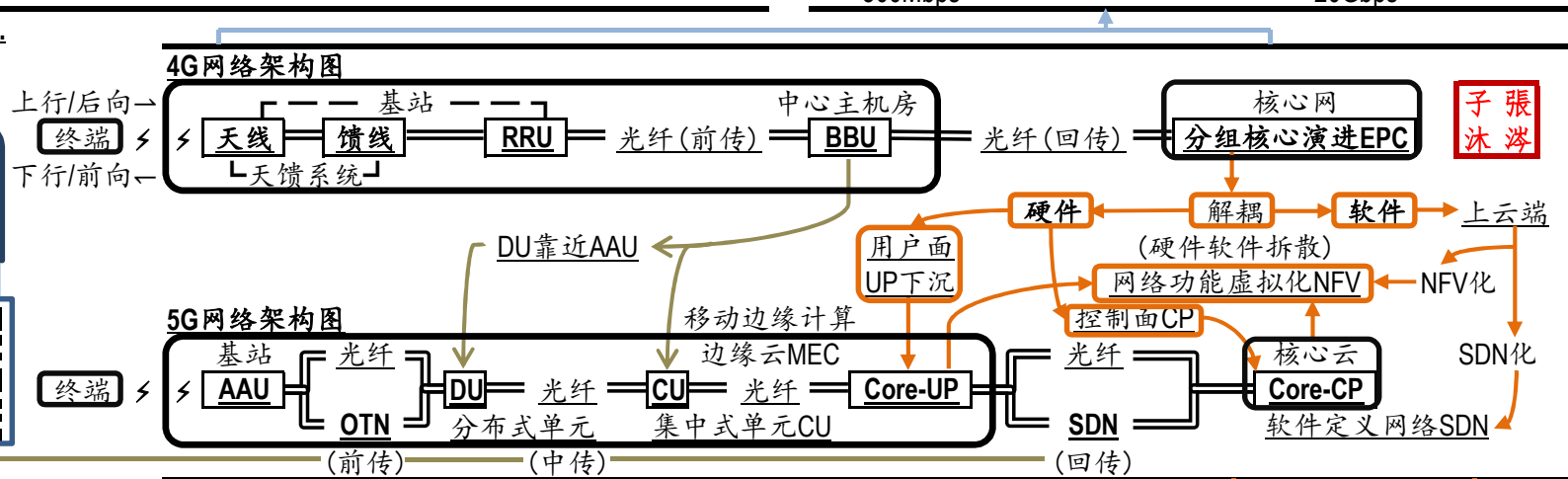
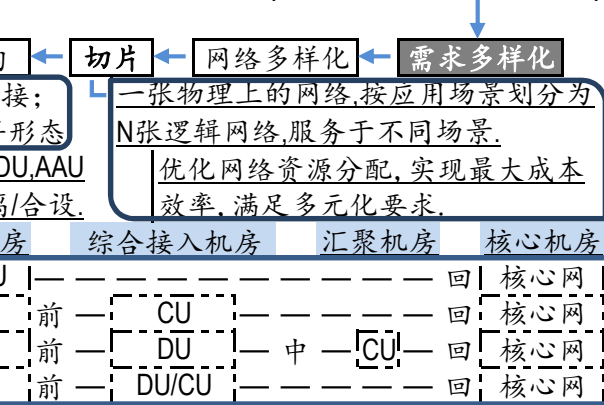
投资领域⑨:终端-手机后盖

5G硬性要求:金属板对电磁波有屏蔽,所以天线不能被金属后盖挡住.
后盖材料趋势:玻璃和陶瓷
氧化锆陶瓷壁垒比较高,着眼能够整合的老玩家即可.(三环集团)





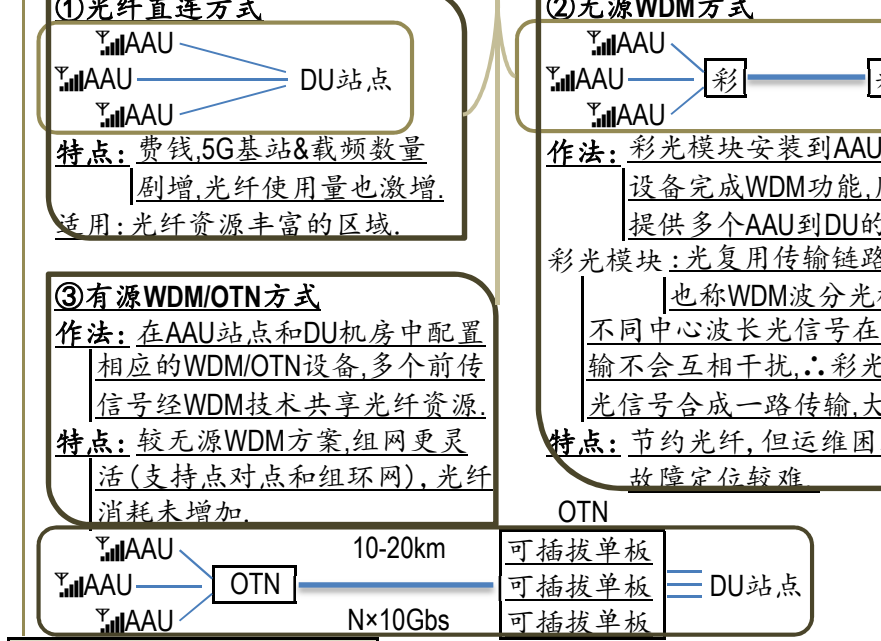
核心原因:满足5G不同场景需要(网速,时延,海量连接,能耗).



5G承载网(前传,中传,回传) (把网元的数据传到另外一个网元上)

业界:承载先行,(5G要满足应用场景的要求,承载网必须升级改造.)

前传(AAU ↔ DU)

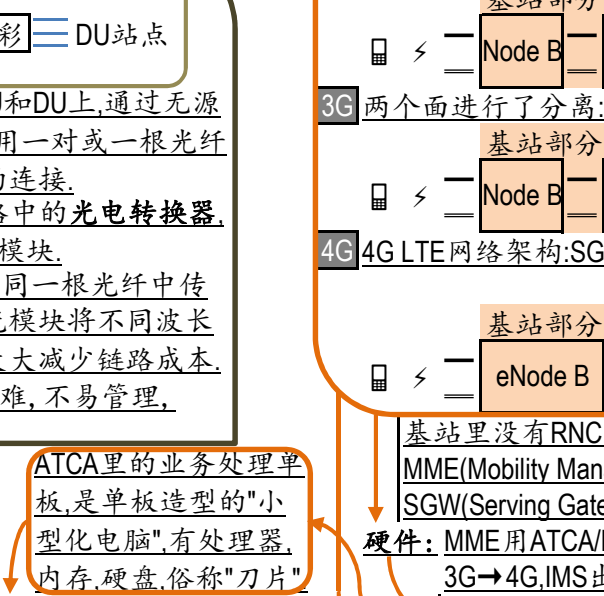


在通信设备内部,相当于两个不同系统

通信系统核心

用户面UP:用户的实际业务数据,eg.你的语音数据,视频流数据等.

控制面CP:为了管理数据走向的信令,命令.



网元功能虚拟化NFV

网元功能软件与硬件实体资源分离

硬件 x86服务器.

软件 设备商基于openstack这样的开源平台,开发自己的虚拟化平台,把以前的核心网网元"种植"在上面.

IMS EPC HSS

虚拟层

x86通用硬件

UE — RAN — UPF — DN

运营商数据网络

5G核心网

其他网元

AMF SMF

UPF:用户平面功能(用户面); 除此外都是控制面.

AMF:接入和移动性管理;

阴影为5G核心网.

网元虽多,硬件都是在虚拟化平台里面虚拟出来的,易于扩容,缩容,升级.

SBA架构(Service Based Architecture):把原具有多功能的整体,拆为多个独自功能的个体.

单体式架构(Monolithic) → 微服务架构(Microservices)

5G核心网就是模块化,软件化.

核心网演进历史

2G 功能:打电话,发短信. (参照本报告(附表)阅读)

核心网设备:移动交换中心MSC(Mobile Switching Center)

基站部分: BTS, BSC

核心网部分: MSC/VLR

ISDN PSTN PLMN

HLR/AUC EIR 公共电话网络

VLR和MSC是同一硬件设备,不同功能主体,物理合一.

2.5G 功能:打电话,发短信,数据(上网)业务.

GPRS

核心网部分: SGSN, GGSN

IP Network

基站部分: BTS, BSC

核心网部分: MSC/VLR

IP数据网络

PSTN 公共电话网络

SGSN和GGSN都是为了实现GPRS数据业务.

一部分为PS交换(Packet Switch,分组交换).

3G 图中HLR等网元未画.

基站部分: Node B, RNC

核心网部分: SGSN, GGSN

IP Network

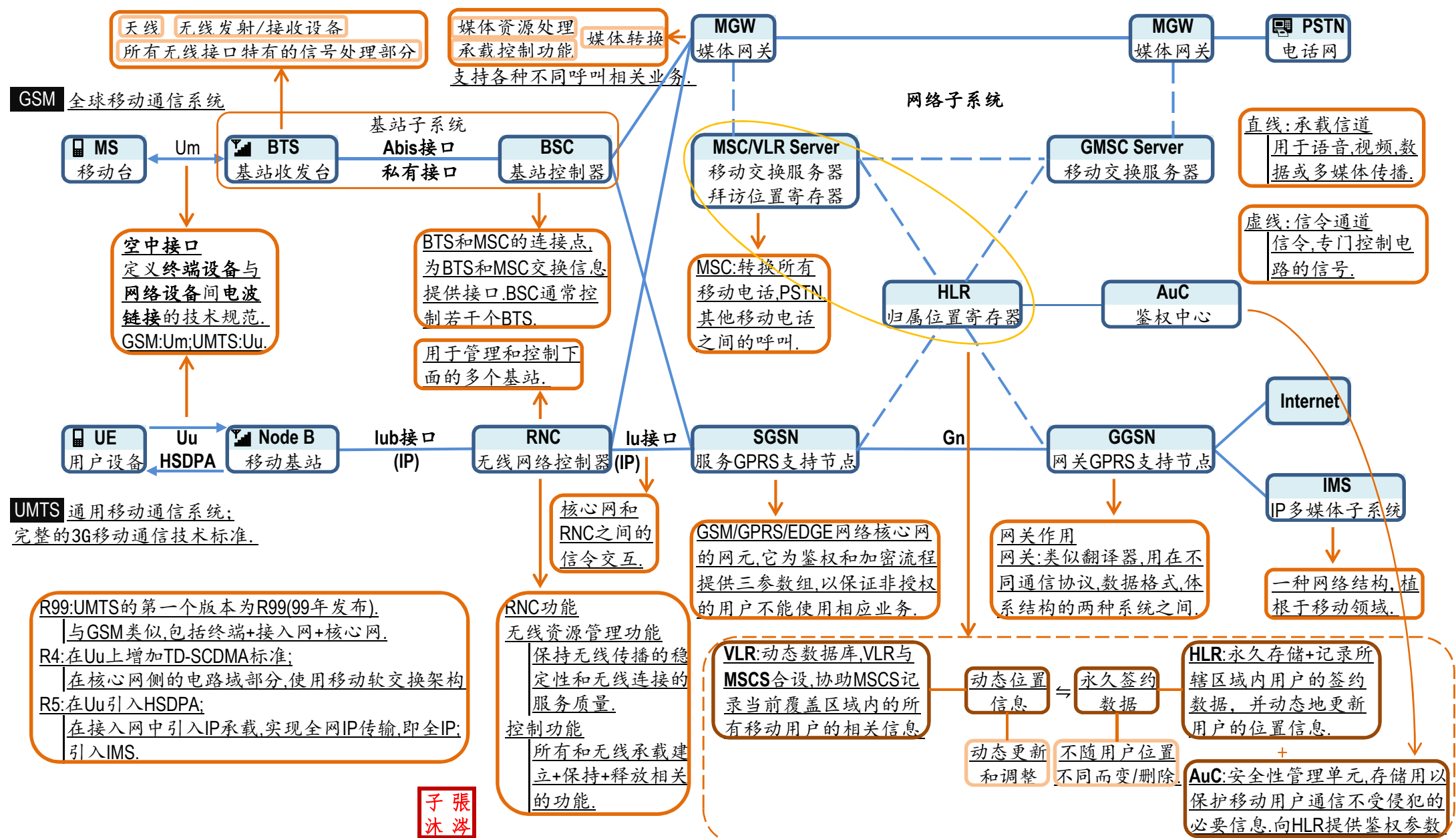
IP数据网络

PSTN 公共电话网络

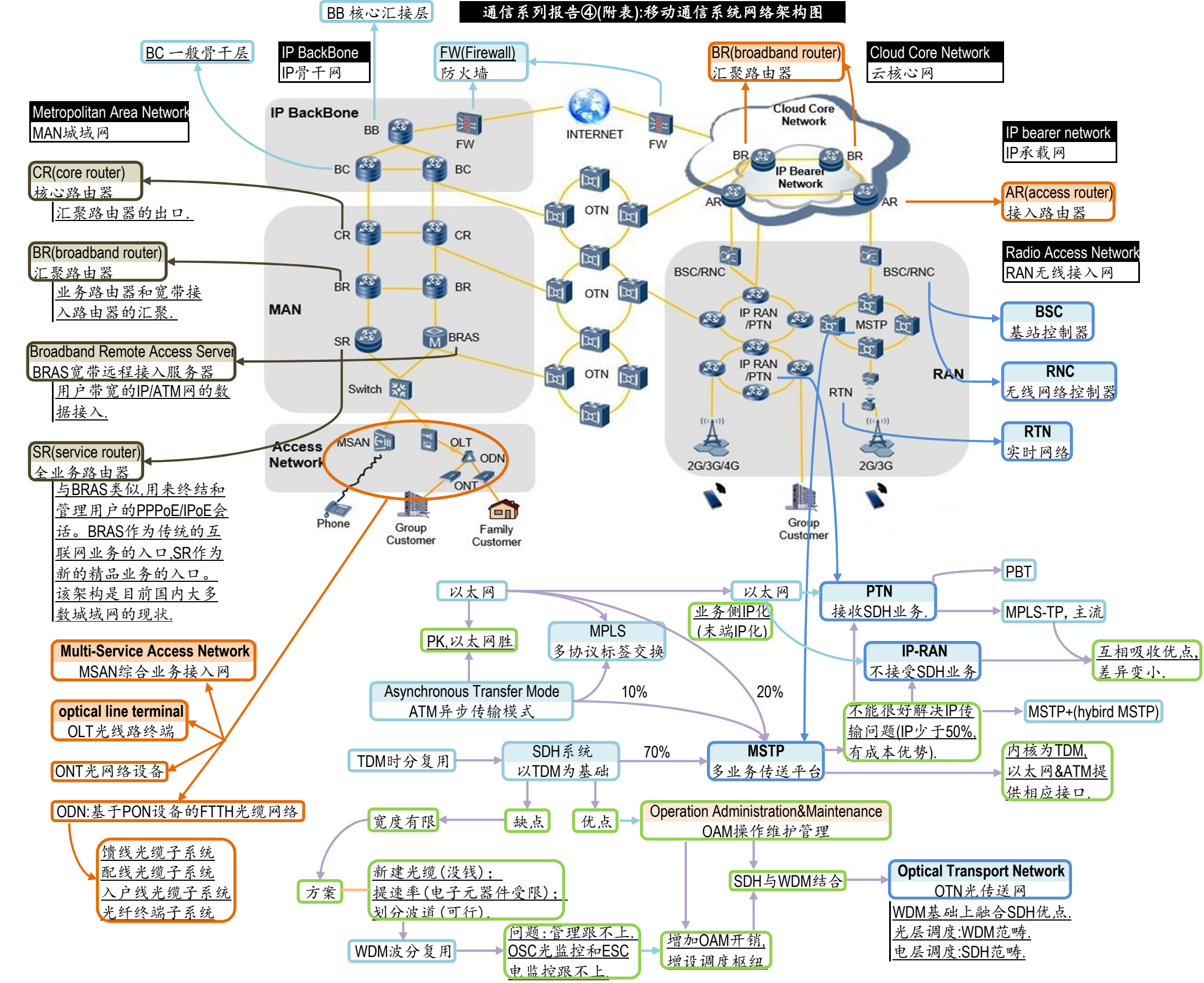
变化 3G基站由RNC和NodeB组成,设备商硬件平台彻底升级.

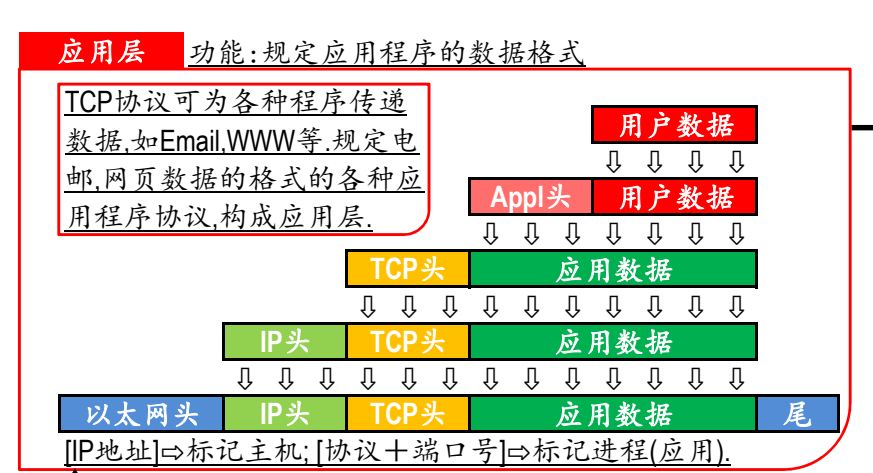
① IP化(TCP/IP,以太网): 网线,光纤开始大量投入使用,设备外部接口和内部通讯都开始围绕IP地址和端口号进行.

② 分离: 网元设备功能开始细化,之前一个设备集成多个功能,现在拆分开,各司其事.



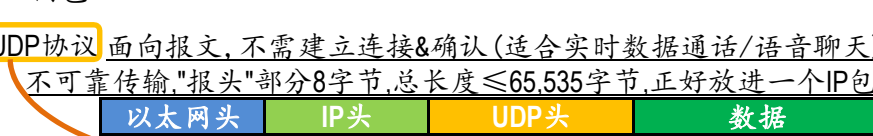
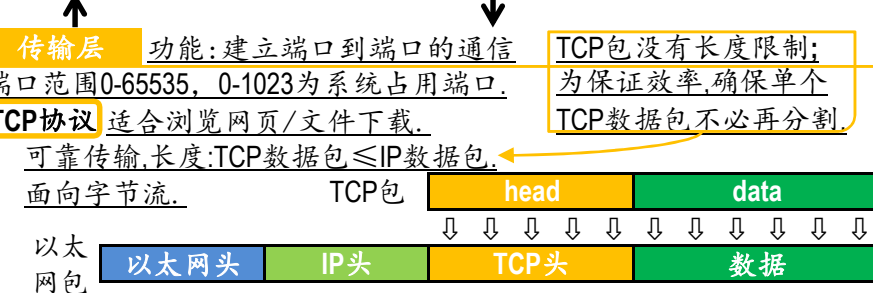
通信系列报告④(附表):移动通信系统网络架构图



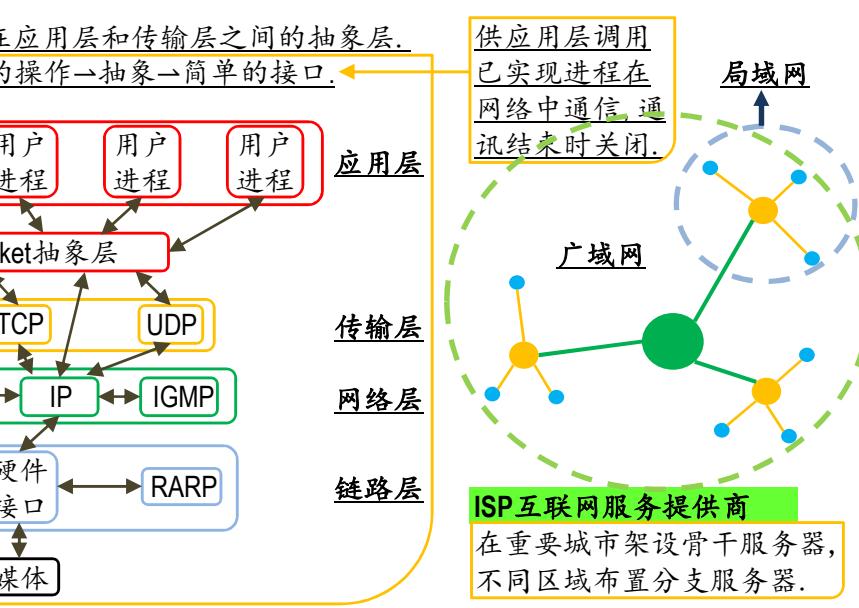
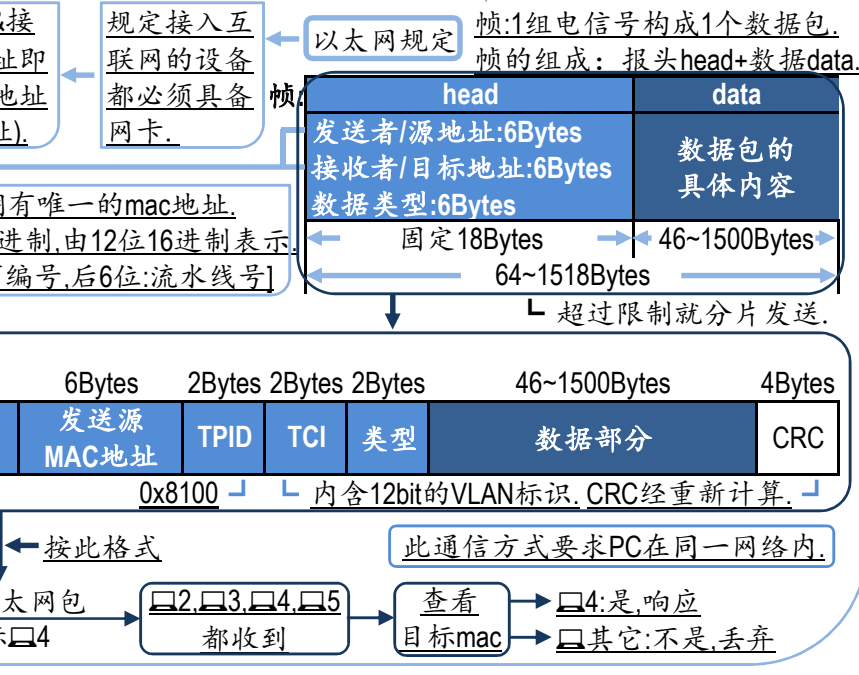
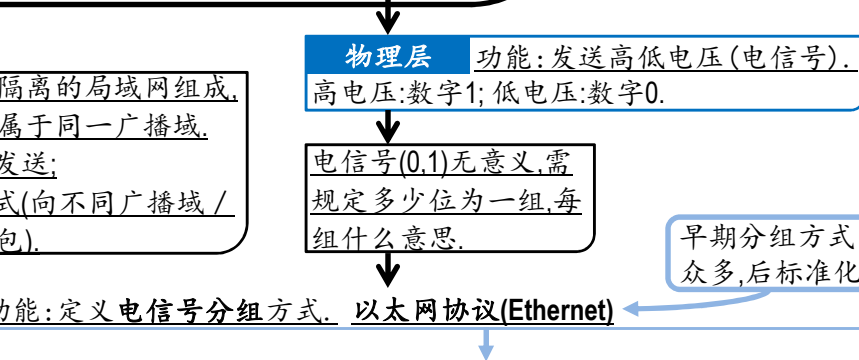
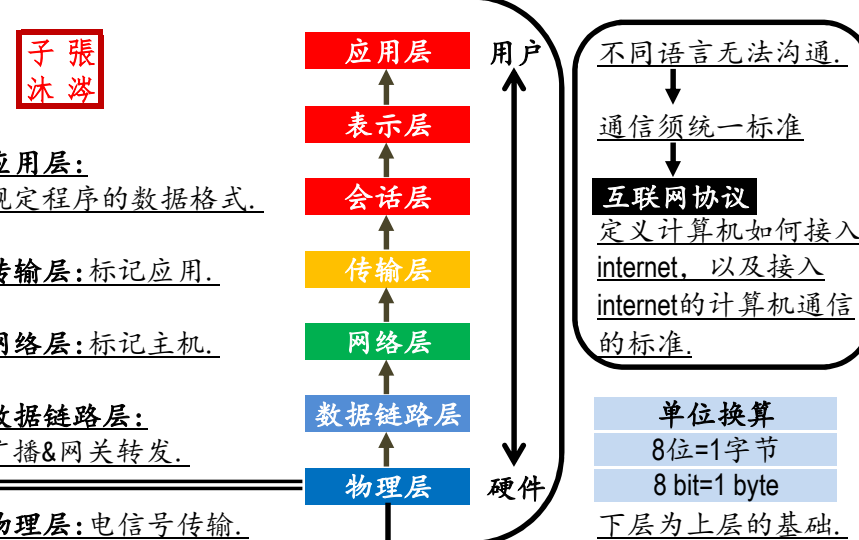
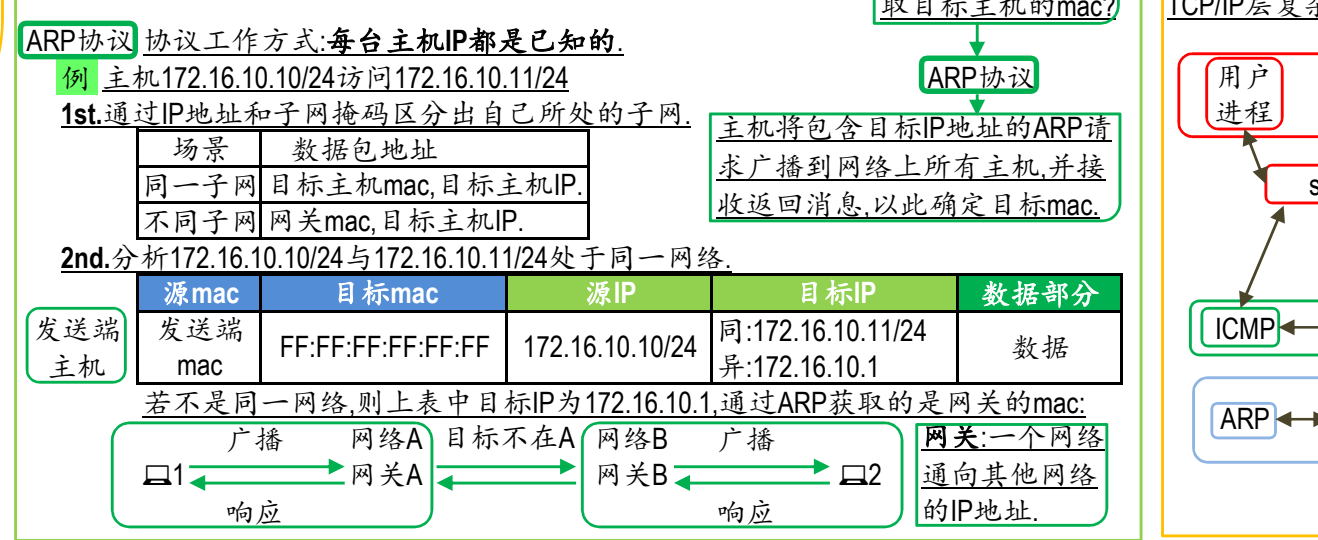
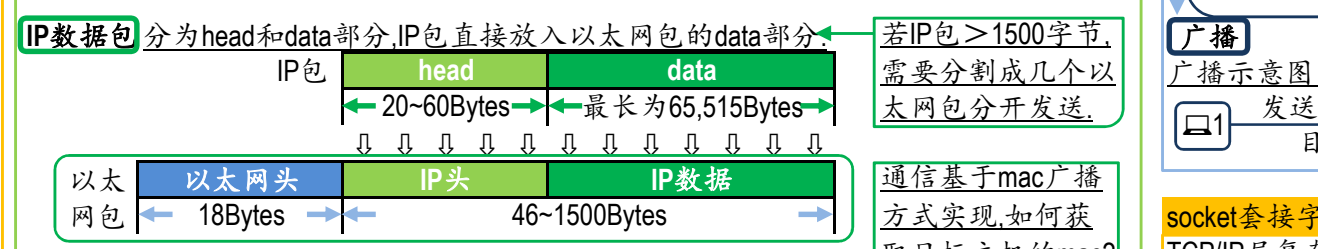
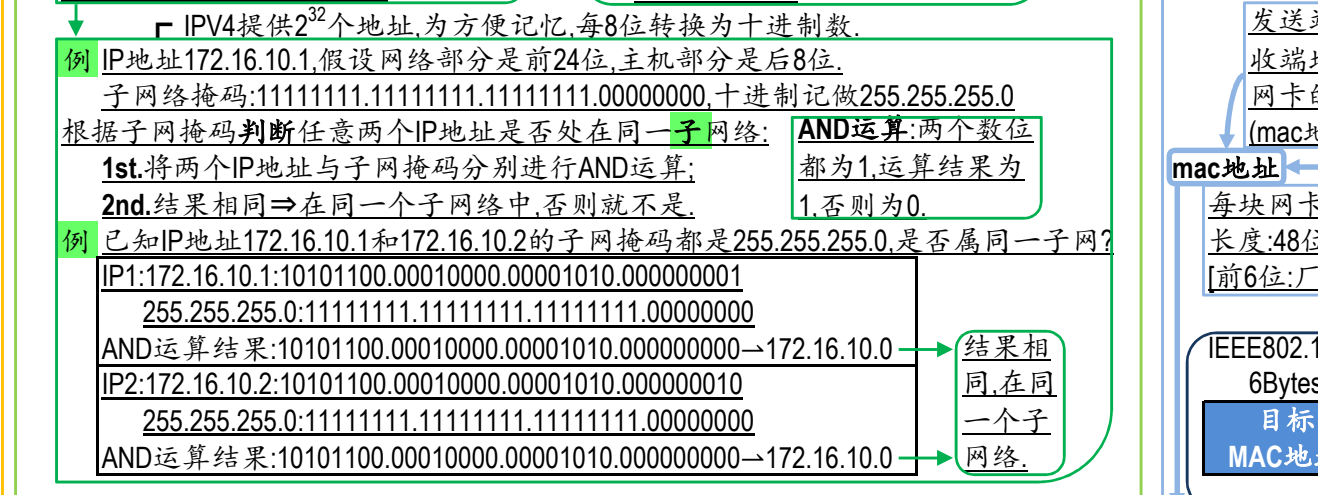
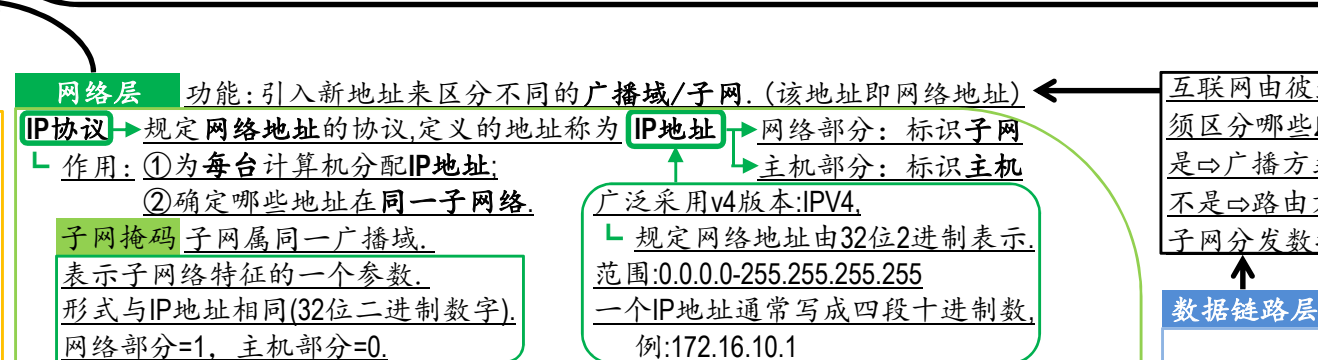
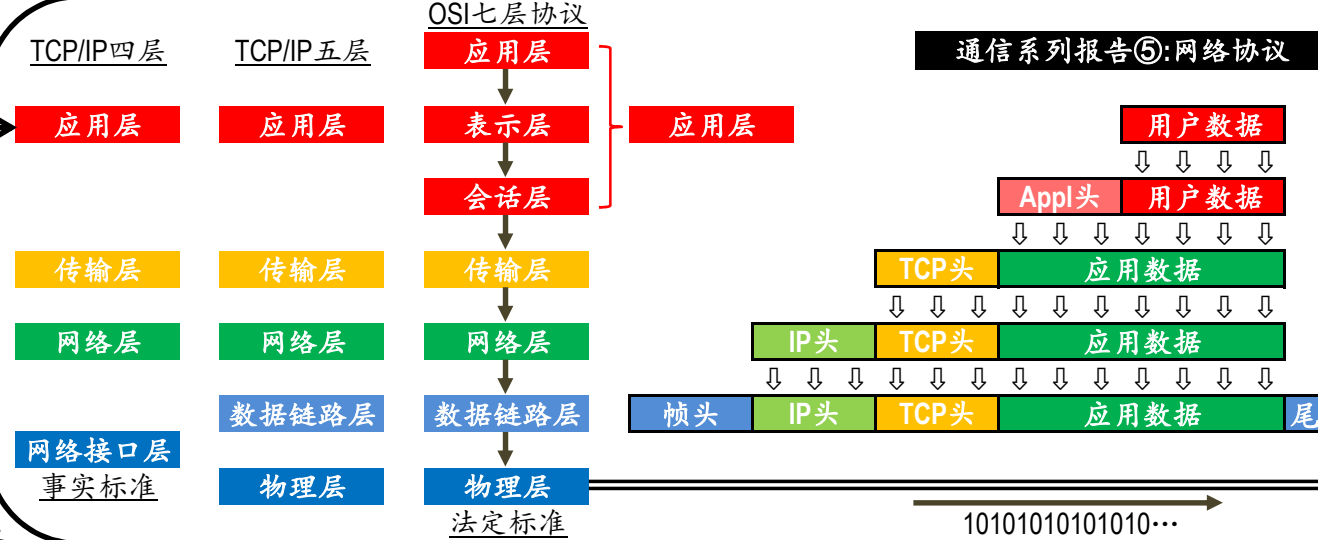
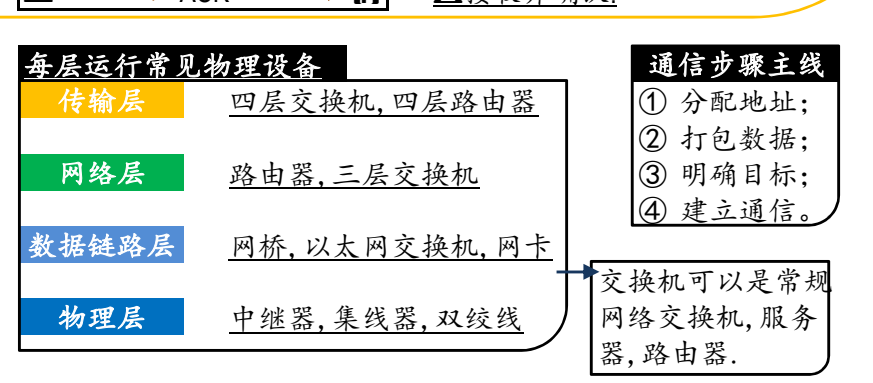
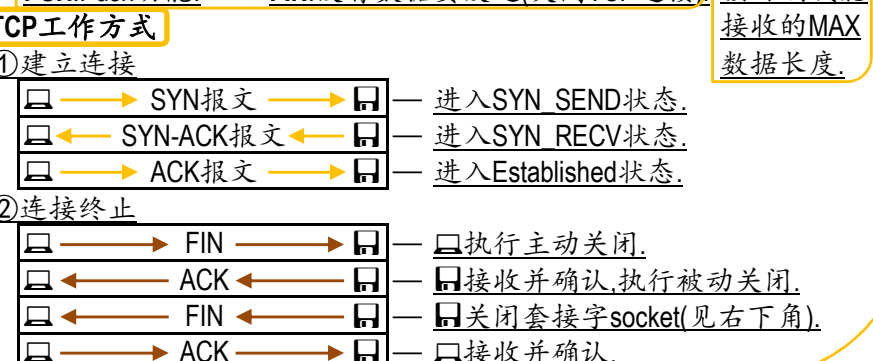


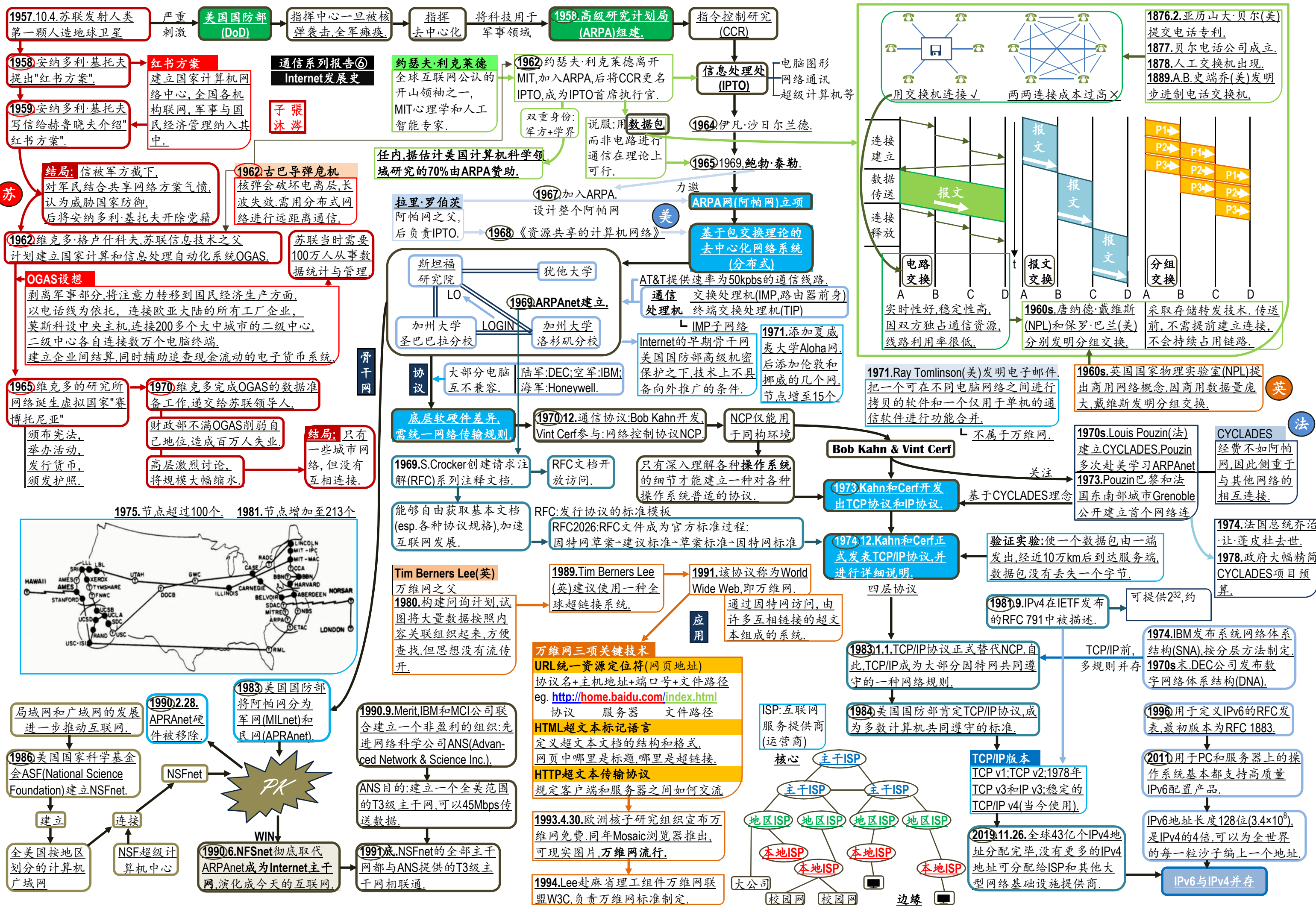
各种程序的数据格式

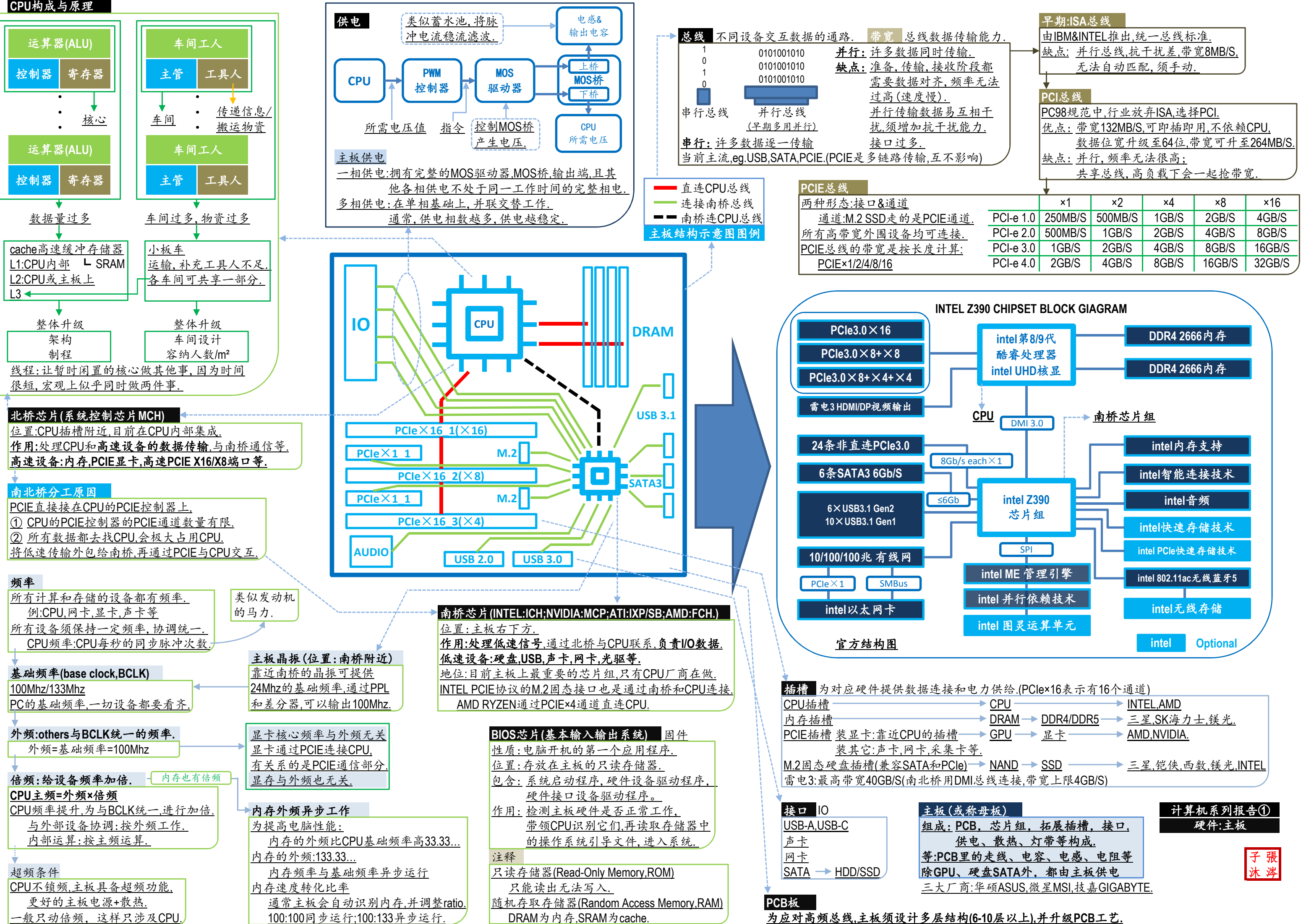
如何标识□上的应用程序?
答案:端口,即应用与网卡关联的编号。



URG⇒紧急指针有意义。 RST:复位TCP连接。
ACK⇒确认序列号有意义。 SYN:SYN报文(建立TCP连接)。
PSH:Push功能。 FIN:没有数据要发送(关闭TCP连接)。







供电

类似蓄水池,将脉冲电流稳流滤波。

CPU

PWM 控制器

MOS 驱动器

电感&输出电容

上桥 MOS桥

下桥

CPU 所需电压

所需电压值

指令

控制MOS桥产生电压。

主板供电

一相供电:拥有完整的MOS驱动器,MOS桥,输出端,且其他各相供电不处于同一工作时间的完整相电。

多相供电:在单相基础上,并联交替工作。

通常,供电相数越多,供电越稳定。

总线

不同设备交互数据的通路。

带宽

总线数据传输能力。

并行:许多数据同时传输。

缺点:准备,传输,接收阶段都需要数据对齐,频率无法过高(速度慢)。

并行传输数据易互相干扰,须增加抗干扰能力。

接口过多。

串行:许多数据逐一传输

当前主流,eg.USB,SATA,PCIe.(PCIe是多链路传输,互不影响)

串行总线

并行总线

(早期多用并行)

早期:ISA总线

由IBM&INTEL推出,统一总线标准。

缺点:并行总线,抗干扰差,带宽8MB/S,无法自动匹配,须手动。

PCI总线

PC98规范中,行业放弃ISA,选择PCI。

优点:带宽132MB/S,可即插即用,不依赖CPU,数据位宽升级至64位,带宽可升至264MB/S。

缺点:并行,频率无法很高;共享总线,高负载下会一起抢带宽。

PCIE总线

两种形态:接口&通道

通道:M.2 SSD走的是PCIE通道。

所有高带宽外围设备均可连接。

PCIE总线的带宽是按长度计算:

PCIE×1/2/4/8/16

	x1	x2	x4	x8	x16
PCI-e 1.0	250MB/S	500MB/S	1GB/S	2GB/S	4GB/S
PCI-e 2.0	500MB/S	1GB/S	2GB/S	4GB/S	8GB/S
PCI-e 3.0	1GB/S	2GB/S	4GB/S	8GB/S	16GB/S
PCI-e 4.0	2GB/S	4GB/S	8GB/S	16GB/S	32GB/S

直连CPU总线

连接南桥总线

南桥连CPU总线

主板结构示意图图例

IO

CPU

DRAM

南桥芯片

PCle×16 1(×16)

PCle×1 1

PCle×16 2(×8)

PCle×1 1

PCle×16 3(×4)

AUDIO

USB 2.0

USB 3.0

SATA3

USB 3.1

北桥芯片(系统控制芯片MCH)

位置:CPU插槽附近,目前在CPU内部集成。

作用:处理CPU和高速设备的数据传输,与南桥通信等。

高速设备:内存,PCIE显卡,高速PCIE X16/X8端口等。

南北桥分工原因

PCIE直接接在CPU的PCIE控制器上。

① CPU的PCIE控制器的PCIE通道数量有限。

② 所有数据都去找CPU,会极大占用CPU。

将低速传输外包给南桥,再通过PCIE与CPU交互。

频率

所有计算和存储的设备都有频率。

例:CPU,网卡,显卡,声卡等

所有设备须保持一定频率,协调统一。

CPU频率:CPU每秒的同步脉冲次数

类似发动机的马力。

基础频率(base clock,BCLK)

100Mhz/133Mhz

PC的基础频率,一切设备都要看齐。

外频:others与BCLK统一的频率。

外频=基础频率=100Mhz

倍频:给设备频率加倍。

内存也有倍频

CPU主频=外频×倍频

CPU频率提升,为与BCLK统一,进行加倍。

与外部设备协调:按外频工作。

内部运算:按主频运算。

超频条件

CPU不锁频,主板具备超频功能。

更好的主板电源+散热。

一般只动倍频,这样只涉及CPU。

主板晶振(位置:南桥附近)

靠近南桥的晶振可提供24Mhz的基础频率,通过PPL和差分器,可以输出100Mhz。

显卡核心频率与外频无关

显卡通过PCIE连接CPU,有关系的是PCIE通信部分。

显存与外频也无关。

内存外频异步工作

为提高电脑性能:

内存的外频比CPU基础频率高33.33...

内存的外频:133.33...

内存频率与基础频率异步运行

内存速度转化比率

通常主板会自动识别内存,并调整ratio。

100:100同步运行;100:133异步运行。

BIOS芯片(基本输入输出系统)

固件

性质:电脑开机的第一个应用程序。

位置:存放在主板的只读存储器。

包含:系统启动程序,硬件设备驱动程序,硬件接口设备驱动程序。

作用:检测主板硬件是否正常工作,带领CPU识别它们,再读取存储器中的操作系统引导文件,进入系统。

注释

只读存储器(Read-Only Memory,ROM)

只能读出无法写入。

随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)

DRAM为内存,SRAM为cache。

插槽

为对应硬件提供数据连接和电力供给。(PCle×16表示有16个通道)

CPU插槽

内存插槽

PCIE插槽

装显卡:靠近CPU的插槽

装其它:声卡,网卡,采集卡等。

M.2固态硬盘插槽(兼容SATA和PCIE)

雷屯3:最高带宽40GB/S(南北桥用DMI总线连接,带宽上限4GB/S)

接口

IO

USB-A,USB-C

声卡

网卡

SATA

HDD/SSD

主板(或称主板)

组成:PCB,芯片组,拓展插槽,接口,供电、散热、灯带等构成。

等:PCB里的走线、电容、电感、电阻等

除GPU、硬盘SATA外,都由主板供电

三大厂商:华硕ASUS,微星MSI,技嘉GIGABYTE。

计算机系列报告①

硬件:主板

子張

沐萍