**信息通信核心知识点整理**

**蓝色字体即为老师发布的核心知识点，下面的字则是对核心知识点的回答 PS为再版补充加勘误**

**第一章信息通信概述（第一章看不懂没关系，后面每一章都是对第一章的补充说明）**

**1.1 掌握信息通信内涵，明确信息通信的作用及学习目的。**

🟢**内涵：信息通信由通信与信息系统，信号与信息处理，空天信息技术三部分**

🟢**作用 1. 全球互联互通 2.推动科技进步：3.提升生产力与经济效益4. 社会服务和个人生活改善**

**1.2了解信息通信从电气时代到移动通信时代的历史演进，熟悉发展历程中的重要事件和转折点**

🟢**电气时代中，掌握牛顿力学、电荷守恒定律（本杰明富兰克林，一个系统代数和不变）、电荷作用定律（库仑，高中学的两个电荷作用公式）、电流磁效应（奥斯特，带电导线产生磁场）、安培定律（安培，高中安培力公式）和电磁感应效应（法拉第，闭合电路切割磁感线发电）的创始人、先后顺序、相对应内容及价值意义**

**明确麦克斯韦预言电磁波的存在、赫兹对其进行证明，并了解实验证明过程**

🟢**麦克斯韦方程组第一次将电学磁学用数学公式统一起来，赫兹用实验证明电磁波存在**

**掌握电报、莫尔斯码、电话、交换机、NGN及光纤通信的起源、演进和核心技术**

🟢**摩尔斯发明电报和摩斯电码，是电信史上最早的编码**

🟢**电话是贝尔发明**

🟢**交换机是随着电话数量和通话距离增加而产生的，实现电话用户之间的接续过程**

**交换机经历了人工交换——机电交换——电子交换**

🟢**NGN（下一代网络）采用软交换技术（核心技术），通过软件交互平台进行通信**

**🟢光纤通信是利用光纤传输光信号进行信息传递的技术**

**熟悉无线通信的起源和发展，了解波波夫、马可尼和贝尔实验室的贡献**

🟢**波波夫发明一种天线装置，是人类首次利用天线接收到自然界的无线电波，他还发出了世界上第一份无线电报**

🟢**马可尼实现了无线电的跨洋传播**

🟢**贝尔实验室解决了许多无线通信的技术问题**

**明确无线通信在当今社会中的作用、现有应用和指标以及未来发展趋势（这个部分书上没有，我问ai写的，参考即可）**

🟢**当今作用：使信息即时传送，不仅支撑着移动通信、互联网接入，还推动着智能家居、物联网等新兴技术的落地和应用**

🟢**现有应用：移动通信，物联网，卫星通信，无线局域网（WI-FI），蓝牙和近场通信（NFC）**

🟢**指标：1.带宽（传输速率）2.延迟3.吞吐量（传输数据量）4.覆盖范围5.信号强度**

🟢**发展趋势：1.5G及其后续技术2.物联网技术3.低轨卫星通信……**

**1.3 了解通信与信息系统的组成、结构及核心技术**

**掌握香农三大定理的内容及意义，熟悉常用的信源编码和信道编码**

🟢**香农三大定理：1，变长无失真信源编码定理：做到无失真信源编码，每个信源符号所需要的最少码元数（用人话说就是发送一段信息所需要最少的字数）**

**2，保真度准则下的信源编码定理：编码足够长，总能找到一种编码在传播过程中不因为噪音失真（人话说就是只要你讲的够啰嗦，你这段话删掉很多个字还是能表达得出原意）**

**3，有噪信道编码定理：给出了信道无差错传输时时的上界（就是在无法去除噪音的环境下，你这段话最多能传出多少信息）**

🟢**常用的信源编码和信道：全是英文估计也记不住，就记一个极化码能达到信道容量极限**

**明确5G三大应用场景，了解6G愿景及可能用到的核心技术**

🟢**三大应用场景：1，增强型移动宽带（用于超快速信息传输，如传4k视频，vr视频之类）**

**2，超高可靠低延时通信（用于低延迟的通信需求，如无人驾驶，远程医疗之类）**

**3，海量连接物联网（用于物联网应用，如智能城市智能家居之类）**

🟢**6g愿景**

**沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延、人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接**

**了解通信网络的代表性技术及其解决的问题（了解就行了吧**😇**）**

**1，多址接入技术，使更大数据用户同时接入网络，有效地保证系统容量**

**2，大规模天线技术**

**3，光通信**

**4，量子通信**

**5，智能通信**

**6，软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）**

**7，分布式构架**

**8，卫星与水下**

**9，物联网loT**

**1.4了解语音、图像、视频、雷达、声纳、导航和多媒体等编码技术及信号处理方法**

**（与第六章重复，到第六章再讲述）**

**1.5了解遥感、导航定位及卫星通信等空天信息技术的原理、分类及应用**

🟢**遥感技术（RS）：利用传感器，无需与目标物品接触，即可从远距离记录目标物的光学或电磁波特性**

**原理：1，利用不同物品对电磁波发射与反射特性差异提取信息**

**2，利用不同物品光谱特性，即吸收，反射，辐射光谱性能来提取信息**

**分类：可见光遥感，红外遥感，多谱段遥感，紫外遥感，微博遥感**

🟢**导航定位技术：利用电，磁，光，力等科学原理测量物体位置参数，实现定位与导航**

**原理：1，航位推算（根据物体在位置点的航向，速度，运动时间来推断接下来的位置）**

**2，无线电定位（卫星接受地球表面导航信号，计算所在位置）**

**3，地形辅助导航定位（通过对比储存好的地形与自己所处地形匹配位置）**

**分类：1，全球导航卫星系统（如GPS，北斗,GLONASS,伽利略）**

**2，地理信息系统（GIS）（采集地理信息）**

🟢**卫星通信技术：**

**分类：深空通信，天基卫星通信，空基通信，海基通信，地基通信等**

**第二章无线通信**

**2.1 掌握无线通信组成、特征、常用术语**

🟢**无线通信组成**

**单条无线传输链路组成：发射设备——传输媒体——接收设备**

**多条无线传输链路组成：接入层——传输层——核心网层——业务平台层——网管系统**

**无线通信中涉及设备：无线终端（可以是发射器，也可以是接收器，如手机，WIFI等）**

**基站/接入点（与交换局相连，无线终端要先发送给它）**

🟢**无线通信特征**

**1，无线电波传播复杂（1，无线通信频率增高——传播方式受地形影响大 2通信环境复杂——受杂波干扰 3，终端移动导致频率变化——多普勒频移）**

**2，无线电波互相干扰（1.同频干扰（无线资源重复利用造成的干扰）；2.邻道干扰（相邻通信信道之间的干扰，需要增加信道之间的隔离性）；3.互调干扰（设备不理想引入的无用信号）；）**

🟢**无线通信常用术语**

**信道：信号从发射端到接收端之间的通路**

**大区：在一个服务区域内，只用一个基站覆盖全局地区的组网方式叫做“大区制”**

**小区：将一个服务区域划分为多个小区，每个小区分别设置一个基站，如蜂窝网络**

**漫游：也称出游，指无线终端移动到另一个服务区后，仍能用原来的号码进行呼叫**

**切换：无线终端在两个基站覆盖区边缘时，从一个基站的服务信道更换到另一个基站的服务信道的过程**

**2.2了解无线通信系统分类，包括移动通信系统、固定宽带无线接入系统以及卫星通信系统等**

🟢**移动通信系统：双方至少有一方在运动中进行信息交换的系统，如民用蜂窝移动系统4g，5g**

🟢 **固定带宽无线接入系统；宽带无线接入是指能够以无线传输方式向用户提供高数据速率接入到公众网的技术**

🟢**微波中继通信系统：微波通信是使用波长在0.1毫米至1米（300MHz—3THz）之间的电磁波到微波进行的通信，通过基站进行中继接力，具有发展前景，在发达国家流行**

🟢 **卫星通信系统：卫星通信就是地球上的无线电通信站间利用卫星作为中继而进行的通信，系统由卫星和地球站两部分组成，三颗卫星能覆盖全球，实现全球通信**

**2.3 掌握1G到6G的发展历程、应用场景及我国通信技术从落后到领先的过程**

🟢**1G，频分多址，传输速率慢，能用来打电话，世界各国都有研究，中国落后**

🟢**2G，时分多址，能用来打电话，欧洲与美国有核心标准，中国跟随**

🟢**3G，码分多址，具有支持多媒体的能力，欧洲，美国，中国都有自己的核心标准，我国实现突破**

🟢**4G，正交频分多址，进入移动互联网时代，欧洲，美国，中国三足鼎立**

🟢**5G，三大应用场景（前文有写）**

**1，增强型移动宽带（用于超快速信息传输，如传4k视频，vr视频之类）eMBB**

**2，超高可靠低延时通信（用于低延迟的通信需求，如无人驾驶，远程医疗之类）URLLC**

**3，海量连接物联网（用于物联网应用，如智能城市智能家居之类）//PS：海量机器类通信 mMTC**

**5G发展中中国处于世界领先，专利数第一**

🟢**6G，六大场景：沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延、人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接**

**2.4 熟悉无线通信频谱划分以及管理规划**

🟢**了解频谱划分的大致频段，认知频谱的稀缺性**

**分别有四个频段，2.4GHz，3.5GHz，5.8GHz，26GHz**

🟢**掌握FDD和TDD的工作方式及区别**

**区别在于FDD（频分双工）是频率分离、同步进行上行和下行，而TDD（时分双工）是时间分离、在同一频率上轮流传输**

🔴**2.5 熟悉电磁场与天线的基本理论及工程参量**

**（此处是计算题，可以自己去看第二章最后面的课件，讲述的非常清楚，在此不过多赘述，是本书为数不多的计算，还有一个比较重要的计算是香农的信息量计算与编码）**

**掌握电磁感应现象包括感应电动势的计算方法。**

**了解麦克斯韦方程组及其意义。**

**熟悉天线的基本原理及特征。**

**掌握天线阻抗、辐射效率及其计算方法。**

**掌握天线方向性系数和增益及其计算方法。**

**掌握天线有效长度和天线系数及其计算方法。**

**掌握接收天线噪声温度及其计算方法。**

**第三章空间信息与通信网络**

**3.1 掌握空间信息的分类与组成**

🟢**掌握空间按高度的分层**

**空间主要是针对地球而言的，一般分为深空间、近地空间、临近空间和航空间。从航天器或空间飞行器活动范围的需要出发，一般将外层空间分为近地空间和深空间**

**距地球表面100km处为“天”（高的）与“空”（低的）的分界线**

**下文由上到下即为高度分层**

**深空间（即大于或等于地月平均距离的空域，3.84乘10的4次方千米）**

**近地空间（地球静止轨道以下的空域，3.58乘10的4次方千米）**

**临近空间（距地表100km到20km之间）**

**航天空间（距地表20km以内）(20km到18km之间)**

**掌握各层所对应的通信方式，包括特征、核心技术及应用**

**🟢按照离地球从远到近，空间信息通信包括深空信息通信、天基信息通信和空基信息通信，它们都是由空间段和地面段组成。地面段的信息通信统称为地基信息通信，此外，空间信息通信也包括海基信息通信**

**深空信息通信：主要用于对月球和月球以远的天体或空间环境进行探测**

**天基信息通信：是彼此独立或互联的卫星通信系统、卫星导航系统、卫星遥感系统、空间物理探测系统、空间天文观测系统等的总称**

**空基信息通信：由临近空间和航空间信息通信组成**

**地基信息通信：是指布设在地球表面的信息通信，由布设在陆地的有线、无线和移动信息通信及在海底的有线信息通信组成**

**海基信息通信：指在海面上部署的由通信基站或者信息感知探测平台**

**3.2了解空间信息网络发展，包括通信网络、导航网络、遥感网络的历程、典型系统及应用价值**

🟢**天基信息通信网络**

**天基信息通信网络：通过发射一定数量的卫星形成规模组网，从而辐射全球，构建具备实时信息处理的大卫星系统，为地面、海上和空中用户提供宽帶互联网接入等通信服务**

**1957年苏联发射第一颗人造卫星**

**1970年4月24日中国发射第一颗卫星东方红一号**

🟢**天基信息导航网络**

**全球卫星导航系统：能在地球表面或近地空间的任何地点为用户提供全天候的3维坐标和速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统。包括：**

**美国的GPS（世界上第一个导航定位全球系统）**

**俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）**

**伽利略卫星导航系统**

**中国的北斗卫星导航系统**

🟢**天基信息遥感网络**

**主要是针对遥感卫星系统而言的，而遥感卫星是指利用遥感科技和遥感设备对地球进行同步观测的卫星**

🟢 **太阳系空间信息网络**

**星际互联网：为了实现深空探测任务中科学探测数据的有效传输和可靠的测控通信支持，美国NASA提出了太阳系互联网，其也称为星际互联网**

**3.3 掌握空间信息网络体系架构**

**掌握空间信息网络的组成部分及每部分的作用**

🟢**空间信息网络定义**

**空间信息网络是以地基信息网络为基础，以天基信息网络为主体，深空信息网络可互联的—体化综合信息网络**

🟢 **空间信息网络组成**

**空间信息网络主要由天基信息网络（信息获取、信息传输、信息处理、导航定位、航天测控、网络管理和安全防御等系统）和地基通信网络组成**

**（至于每一个部分功能就跟名字一样，如信息获取系统就负责收集信息）**

**了解空间信息网络架构，包括空间段、地面段的设备、作用和运行机制**

🟢 **空间信息网络的架构**

**天基部分可分为天基骨干网、接入网和地基节点网**

**其中天基骨干网针对近地空间，天基接入网针对临近空间**

**地基节点网主要针对地面段，地面互联网和移动通信网分别由有线互联网和移动互联网组成**

**天基综合信息网通过各地信关站与全球各种地面公用通信网互联互通，构成空天地一体化全球综合信息网络**

**了解空间信息网络关键技术及技术特征**

🟢**空间信息网络协议层次**

**从协议层次来看，空间信息网络协议可以分为物理层、网络层和应用层**

🟢**技术特征（谁家正常人能整出那么多特征啊）**

**1， 网络结构高度异构与动态复杂**

**2，传输延迟大**

**3， 网络资源有限**

**4，支撑业务多样**

**5，通信链路易受干扰**

**6， 网络建设可扩展性高**

**7，异构网络互联互通**

**8，多元信息传输共享**

**9，面临蓄意攻击与破坏等安全威胁**

**10，上天设备维修困难**

🟢**关键技术（看看得了）**

**1，组网体系架构**

**2，网络协议技术**

**3，Qos路由技术**

**4，网络安全防护技术**

**5，网络管理技术**

**6，卫星光通信技术**

**7，星载处理与路由交换技术**

**第四章光纤通信**

**4.1了解光纤通信发展及特点**

🟢**光纤技术发展**

**（1）20世纪70年代和80年代光纤通信发展**

**① 趋势：降低损耗，延长距离**

**② 短波长向长波长发展**

**③ 多模光纤向单模光纤发展**

**④ 广泛部署**

**（2）20世纪90年代光纤通信发展**

**趋势：掺铒光纤放大器（EDFA） 和密集波分复用（DWDM）技术**

**（3）21世纪光纤通信发展**

**① 光纤方面：**

**少模光纤， 多芯光纤， 空芯光纤**

**② 通信系统方面：高速率，大容量，长距离，高频谱效率**

**③ 组网方面：**

**多层级的光网络**

**“南北纵穿、东西横跨”**

🟢**4 光纤通信的特点**

**① 可用频带宽，通信容量大**

**② 传输损耗低，中继距离长**

**③ 抗电磁干扰，无电磁污染**

**④ 串话小，保密性强**

**⑤ 体积小，重量轻，便于施工维护**

**⑥ 材料资源丰富，价格低廉**

**4.2 了解光纤的结构、分类、传输理论与特性**

🟢**结构：由涂覆层，包层，纤芯依次包裹而成**

**① 纤芯和包层均由高度透明的材料构成**

**② 包层的折射率略小于纤芯，从而可以形成光波导效应**

**③ 涂覆层的作用是保护光纤不受外部损伤**

🟢**分类：① 按光纤横截面的折射率分布分类，光纤可分为和阶跃光纤和渐变光纤**

**② 按光纤中的传导模式数量分类，分为单模光纤和多模光纤**

**③ 按国际电联电信标准化部门（ITU-T）建议分类：**

**G.651光纤（渐变型多模光纤）等等**

**④ 按光纤制作的原材料分类：**

**1，石英系光纤（主要使用）**

**2，多组分玻璃光纤**

**3，塑料包层光纤**

**4，全塑光纤**

🟢**光纤的传输理论：**

**① 射线光学（几何光学）：用光射线代表光能量来分析问题**

**② 波动光学：把光纤中的光波作为经典电磁波来分析问题**

**（其实ppt上还有一些别的理论，但是太难了全是大学物理的光路分析，应该不会考，感兴趣的可以自己看第四章ppt4.2光纤的传输理论）**

🟢**光纤的传输特性；1，光纤的损耗**

**2，光纤的色散**

**3，光纤的非线性效应（PS：受激散射与折射率扰动）**

**（这一部分的解释也全都是大学物理的分析，解释太长了感兴趣可以去看ppt）**

**第五章数据通信与互联网**

**5.1 了解数据交换概念及分类**

🟢**交换概念**

**早期的电话网络直接连接方式：用户终端之间直接连接；**

**存在的问题：n个用户时需要设置组合数c2n条连接线路，成本高，不具实用价值**

**解决方法：引入一个公用的节点，实现信息的交换**

🟢**交换技术分类：**

**1，电路交换（电话采用的交换技术）**

**2，分组交换（计算机普遍采用的交换技术）**

**……**

**PS：了解协议，服务，接口的概念**

**协议(Protocol)：协议是通信双方事先约定的、在通信过程中必须遵守的规则和约定的集合**

**服务(Service)：下层实体向上层提供的、可供上层使用的功能**

**1.第n层实体实现了n+1层使用的服务**

**2.第n层称为服务提供者(Service provider)**

**3.第n+1层称为服务用户(Service user)**

**接口(Interface)：相邻层之间（通信的通道）的是接口**

**（第n+1层通过接口使用第n层提供的服务）**

**5.2 掌握网络参考模型**

🟢**OSI参考模型(理论模型)**

**OSI参考模型是国际标准化组织（ISO）提出的开放系统互连（Open SystemInterconnection, OSI）的参考模型**

**OSI参考模型分为7层，它描述了通过网络传递信息所必须完成的工作：**

**应用层（为用户提供应用相关的服务）——表示层（信息的表示，加密、压缩等）——会话层（进程会话控制、同步等）——传输层（端到端的传输）——网络层（数据分组的路由转发）——数据链路层（相邻节点之间数据的传输）———物理层（原始比特流转换为信号在物理介质上传输）**

**因为模型和协议复杂，并未实现**

🟢**TCP/IP参考模型（实际应用模型）**

**互联网参考模型设计的主要目标：实现异构的网络互联**

**TCP / IP参考模型：是互联网的基础，模型采用四层结构**

**应用层（负责向用户提供一组常用的应用程序）———传输层（实现端到端传送数据）——**

**互联网络层（实现异构网络互联的关键层，负责IP数据包的路由和转发）——网络接口层（负责对实际的网络链路进行管理）**

**TCP是因特网实际使用的模型，与ip协议捆绑使用，不区分物理层和数据链层**

**5.3 掌握网络典型设备、拓扑结构及分类**

🟢**网络设备类型分为终端设备（PC，服务器等）和网络设备（交换机，路由器等）**

**交换机负责连接终端设备，路由器连接交换机实现网络互联**

🟢 **网络拓扑结构（这一部分可以看ppt图像，5.3.2）**

**网络拓扑结构：指用传输介质（如双绞线、光纤等）互连各种设备（如PC、路由器、交换机等）的结构化物理布局**

**近距离通信网络多采用规则的拓扑结构，主要包括：总线型结构、环形结构、星形结构等**

**大型网络中采用分级拓扑结构**

🟢 **网络分类**

**由小到大分类**

**1:个域网(PAN)：覆盖个人局部范围（大约1米），允许设备在一个人的活动范围内通信**

**举例：利用无线网络将计算机与其外围设备连接起来**

**典型的个域网络：蓝牙（Bluetooth）、Zigbee等**

**2:局域网(LAN)：地理范围有限（1公里以内）、使小区域内的各种通信设备互联在一起的通信网络。**

**典型的局域网包括：以太网（Ethernet）、无线局域网Wifi**

**3:城域网(MAN)：在一个城市范围内所建立的网络**

**典型的城域网有：宽带有线电视城域网、电子政务城域网等**

**4:广域网(WAN)：地理范围从几十公里到几千公里，能连接多个城市甚至一个国家、一个洲甚至多个洲，提供远距离通信**

**典型的局域网包括：5G移动通信网络、卫星通信网络、因特网 （Internet）等**

**如中国的5G通信便是广域网**

**全球范围的就是互联网**

**5.4 掌握地址转换原理**

🟢**地址与域名**

**地址的定义；在网络中标识一台计算机的数字，网络中任何一台计算机必须有一个唯一的地址**

**IP地址：IP地址是互联网的网络层使用的地址，也称为协议地址或软件地址，具有全球唯一性**

**MAC地址：是物理地址，由组织标识符和厂商序列号两部分组成**

**域名是互联网应用层使用的一种便于记忆的名字，采用层次命名法，使用的宇符包括字母、数字和连字符等，用于解决ip地址不便于记忆的问题**

🟢**地址转换（ppt 5.4.2.2地址转换的图片很清晰）**

**通信过程中，通过域名转换为ip地址在转换为物理地址（MAC地址），实现从应用层到传输层到网络层再到链路层的过程**

**第六章多媒体通信技术**

**6.1 了解多媒体通信的概念和发展趋势**

🟢**概念：1，多媒体指通过计算机技术将不同类型的媒体（文字、图形、音频、视頻等）综合在一起进行信息处理和表现的一种技术手段。**

**2，多媒体通信是指将多媒体技术、计算机技术、通信技术和网络技术相结合，通过对每种炎型的媒体信息进行数字化处理，并通过通信网络传输，以实现远程信息交换和应用的过程。**

🟢**发展趋势：高质量，高速度，简单化，高维化，智能化，标准化**

**6.2 掌握压缩编码的原理、用途，并了解音频、图像和视频中压缩编码的区别**

**（这里ppt上有很多数学分析，不知道是否作为计算题，可以去看一下，但是很难……**🤮**）**

🟢**原理：压缩编码是通过减少数据冗余来降低数据存储和传输所需的空间和带宽。它通过去除冗余信息（如相似的像素、重复的音频模式或多余的图像数据）来压缩数据，使得数据在存储或传输时更加高效**

**分为无损压缩和有损压缩**

🟢**用途：减少存储需求，提高传输效率，提高数据处理速度**

🟢**音频压缩：特点：音频压缩侧重于去除音频信号中的冗余信息，例如人耳不敏感的频率范围**

**用途：用于音乐文件、语音通话、广播等，常用的音频压缩方法有MP3、AAC、Opus等**

**压缩技术：大多数音频编码使用有损压缩技术，以减少文件大小，并且尽量减少对音质的影响。**

🟢**图像压缩：特点：图像压缩侧重于减少图像中像素数据的冗余信息，例如利用相邻像素的相似性来压缩图像。常用的图像压缩标准有JPEG（有损）、PNG（无损）、WebP等**

**用途：用于网页图像、数字摄影、医学成像等**

**压缩技术：图像压缩可以是有损的（如JPEG，主要用于照片和图像）或无损的（如PNG，用于保留图像质量）**

🟢**视频压缩：特点：视频压缩既涉及图像压缩，也涉及音频压缩，同时还要处理视频帧间的冗余（例如，视频帧之间的变化较小）。常用的视频压缩标准有H.264、HEVC/H.265、VP9等**

**用途：用于视频流、高清/超高清视频传输、视频会议、网络视频平台等**

**压缩技术：视频压缩不仅依赖于有损压缩图像和音频的技术，还会采用运动补偿、帧间预测等复杂技术来提高压缩效率**

**第七章微电子技术概述**

**7.1 了解集成电路的发展和产业模式**

🟢**集成电路发展历史：**

**1，1947年，美国贝尔实验室的巴丁、布拉顿 ） 和肖克利三人发明了第一个晶体管**

**2，1958年，德州仪器的杰克•基尔比做出了世界上第一块集成电路**

**3，1959年，仙童公司的罗伯特•诺伊斯（Robert Noyce）利用平面工艺光刻技术，在保护性氧化层上蒸镀铝金属线将分散在硅面上的电极、晶体管、电阻器和电容器互相连接起来，从而为集成电路大规模生产奠定了坚实的基础**

**4，1960年，美国贝尔实验室的马丁•阿塔拉和道旺•科恩 研发了首个金属氧化物半导体场效应晶体管，简称MOS管。这一发明揭开了MOS集成电路的篇章，成为半导体发展史上最重要的里程碑之一，为后来的CMOS技术奠定了最初的理论基础，随后集成电路工业进入快速发展期**

**5，1965年，戈登•摩尔预言：“在价格不变的情况下，集成电路上可容纳的元器件的数目约每隔18-24个月便会增加一倍，同时性能也将提升一倍” 这就是著名的摩尔定律。**

🟢**集成电路的产业模式：**

**三大产业模式：1，垂直整合设计和制造（IDM）**

**集芯片的设计、制造、封装、测试等环节于一体，是早期集成电路企业采用的产业模式，但目前仅有少数企业可以维持代表企业：英特尔、三星电子及德州仪器等**

**2，无工厂半导体企业，仅设计(Fabless)**

**仅进行电路设计与销售，将生产、测试、封装等环节外包**

**代表企业：高通、华为海思、联发科等**

**3，专业芯片代工企业（Foundry）**

**仅制造、封装或测试芯片，不进行芯片设计**

**代表企业：台积电、中芯国际**

PS：四步基本流程：设计——制造——测试——封装