项目 1　建立开发环境

1.1　微控制器概述

1.1.1　微控制器简介

微控制器（Microcontroller Unit，MCU）诞生于 20 世纪 70 年代中期，是一种高度集成的微型计算机系统，将中央处理器（Central Processing Unit，CPU）、存储器、计时器、输入/输出接口（Input/Output，I/O）等多种功能单元集成在一个芯片上。

微控制器通常具有以下特点：

（1）集成度高。微控制器将多种功能单元集成在一个芯片上，体积小、功耗低，非常适用于嵌入式系统等场景。

（2）可编程性强。微控制器具有良好的可编程性，可以根据具体应用场景进行编程，实现各种控制和监测功能。

（3）可靠性高。由于集成度高，微控制器内部各功能单元之间的协作和稳定性得到了保障，具有较高的可靠性。

（4）易于升级和维护。微控制器的软件和硬件可以进行升级和维护，便于适应不同的应用需求。

经过数十年的发展，微控制器的制作成本逐渐降低，性能却越来越强大，这使得它在各个领域都得到了广泛应用。

（1）家用电器。微控制器通过控制电机、温度传感器、显示屏等部件实现定时启动、温度控制、程序设置等功能，应用于洗衣机、冰箱、微波炉、空调等家电。提高了家电的智能化程度和用户体验。

（2）汽车电子（图 1-1）。当今汽车中包含了大量的微控制器，用于控制发动机管理系统、车载娱乐系统、安全气囊系统、防抱死制动系统（Anti-lock Braking System，ABS）、车身电子稳定系统（Electronic Stability Program，ESP）等。微控制器的应用使得汽车更加安全、智能和高效。例如，在电动汽车和混合动力汽车中，微控制器在电池管理系统（Battery Management System，BMS）中的应用愈发重要。它负责电池的健康管理、充电过程控制、能量回收等，不仅要对电池的状态进行评估，还要在充电与放电之间进行智能切换，以确保电池在最佳状态下运行，延长其使用寿命。

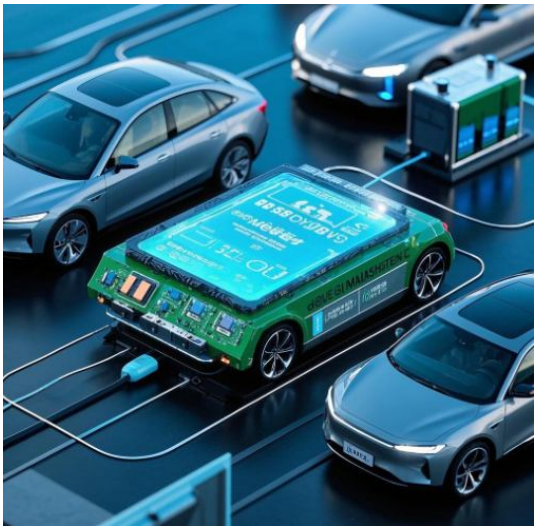

图 1-1　汽车电子

（3）工业自动化。在工业自动化领域，微控制器发挥着重要作用。它们被用于控制生产线、机械设备、仪器仪表等，实现自动化生产、数据采集、监控调节等功能。微控制器的应用提高了生产效率和产品质量，降低了人工成本和劳动强度。

（4）医疗设备。微控制器应用于心率监测仪、血压计、血糖仪、呼吸机等医疗设备。这些设备通过微控制器精确控制传感器、执行器、数据处理单元，实现对患者生理参数的实时监测和分析。微控制器的稳定性和高精度对医疗设备的准确性和可靠性来说至关重要。

（5）消费电子（图 1-2）。从智能手机、平板电脑、智能手表到智能家居设备等，微控制器负责处理各种传感器数据、控制屏幕显示、管理电池续航、实现与其他设备的无线通信等。随着物联网技术的快速发展，微控制器在连接设备、收集数据、执行智能决策等方面发挥着越来越重要的作用。如在智能手环、智能手表等产品中，微控制器可以实时收集心率、血压、运动数据等生理信息，并通过蓝牙等无线通信技术传输到手机或其他终端设备，方便用户随时了解自身健康状况。

图 1-2　消费电子

（6）航空航天。由于航空航天环境的特殊性，如高低温、强辐射、高真空等，因此微控制器必须具备极高的可靠性和稳定性。微控制器还应用于卫星通信、太空探测等任务中，实现数据的采集、处理和传输。

（7）教育和科研。在高等教育中，“微控制器”课程已成为电子工程、计算机科学、自动化等专业的重要课程。同时，微控制器也是科研人员进行科学实验和技术创新的重要平台。

微控制器作为嵌入式系统的核心部件，在现代科技发展中发挥着重要作用。微控制器独特的性能特点和广泛的应用领域使其成为推动科技进步和产业升级的重要力量。

1.1.2 ARM 简介

ARM 最初源于英国的 Acorn 计算机公司。20 世纪 80 年代，Acorn 公司为了开发一款适用于家用计算机的处理器，开始了相关技术的研发。1985 年，第一款 ARM 处理器 ARM1 诞生，虽然它性能相对简单，但具备低功耗、小尺寸等特点，为其后续发展奠定了基础。

随着时间的推移，ARM 公司（后来从 Acorn 公司独立出来）不断优化和扩展其技术。ARM 架构逐渐在移动设备、嵌入式系统等领域崭露头角。如今，ARM 架构已经广泛应用于智能手机、平板电脑、物联网设备等众多产品中，成为全球芯片设计的主流选择之一。

（1）从架构角度。ARM 代表一种精简指令集计算机（Reduced Instruction Set Computer，RISC）架构。与复杂指令集计算机（Complex Instruction Set Computer，CISC）架构不同，RISC 架构旨在通过简化指令集使处理器能够在每个时钟周期内执行更多的操作。ARM 架构的指令集简洁高效，这使得处理器可以在较低的功耗下实现较高的性能，非常适合对功耗和成本敏感的嵌入式设备。例如，在智能手机中，ARM 架构处理器能够在长时间使用电池供电的情况下依然提供流畅的用户体验。

（2）从公司角度。ARM 还是一家公司的名称，即 ARM Holdings Plc（安谋国际科技股份有限公司）。这家公司并不直接生产芯片，而是专注于设计处理器架构和 IP 核（知识产权核）。它将这些设计授权给全球众多半导体厂商，如高通、三星、华为海思等。这些厂商基于 ARM 授权的架构进行芯片设计和生产，从而将 ARM 技术广泛应用于各种产品中。

1.1.3 STM32 微控制器简介

ARM 微控制器是基于 ARM 架构设计的，具有体积小、功耗低、成本低、性能高等优点，被广泛应用于各种嵌入式系统和应用中。其中，STM32 微控制器是由意法半导体（STMicroelectronics，ST）公司生产的一类 ARM 芯片，是一款基于 ARM Cortex-M 内核的高性能、低成本、低功耗的嵌入式微控制器。

STM32 微控制器自 2007 年推出以来，已经发展了多个系列和型号，涵盖从基础型号到高性能型号的广泛选择，以满足不同应用领域的需求。

1. 主流产品线

（1）STM32F0 系列：入门级微控制器，基于 ARM Cortex-M0 内核，提供 20～64MHz 主频

范围，具有良好的实时性能且功耗低，适用于简单的嵌入式应用，如智能家居、工业传感器等。

（2）STM32F1 系列：采用 Cortex-M3 内核，主频可达 72MHz，搭载丰富的外设资源，包括定时器、通信接口、模拟接口等，适用于中等复杂度的嵌入式系统，如消费电子、医疗设备等。

（3）STM32F3 系列：搭载 Cortex-M4 内核，最高主频可达 72MHz，具有丰富的数字模拟外设资源，包括高精度模数转换器（Analog to Digital Converter，ADC）、数模转换器（Digital to Analog Converter，DAC）、运算放大器等，适用于需要高度集成模拟功能的应用，如电源管理、电机控制等。

（4）STM32F4 系列：基于 Cortex-M4 内核，主频可达 180MHz，具备硬件浮点单元（Floating Point Unit，FPU），支持数字信号处理（Digital Signal Processing，DSP）指令集，在处理复杂数字信号、高速数据流和实时任务方面具有优势，广泛应用于航空航天、工业自动化等高性能领域。

2. 高性能产品线

（1）STM32F2 系列：基于 Cortex-M3 内核，主频可达 120MHz，具有出色的处理能力，平衡了高性能与低功耗之间的需求，广泛应用于通信设备、物联网终端等场景。

（2）STM32F7 系列：采用 Cortex-M7 内核，主频最高可达 216MHz，具备高级的缓存架构和双精度浮点单元（Floating Point Unit，FPU），适用于高性能图形显示、多媒体处理等领域。

（3）STM32H7 系列：是 STM32 家族中性能最强大的一员，基于 Cortex-M7 内核，主频最高可达 480MHz，具备丰富的存储资源、高速接口和先进的安全功能，支持运行复杂的实时操作系统（Real Time Operating System，RTOS）和高级图形界面，广泛应用于汽车电子、机器人技术、高速通信设备等高性能领域。

3. 超低功耗产品线

（1）STM32L0 系列：基于超低功耗的 ARM Cortex-M0+处理器内核，采用意法半导体独有的两大节能技术，提供业界领先的节能性能，适用于电池供电的便携式设备和物联网应用。

（2）STM32L1 系列：同样是超低功耗产品，具有更高的性能和更丰富的外设资源，适用于对功耗和性能都有一定要求的应用场景。

（3）STM32L4 系列：在超低功耗的基础上提供了更高的主频和更强大的处理能力，同时保持了良好的兼容性和易用性，适用于智能家居、智能穿戴等物联网应用。

STM32 微控制器产品线的丰富性为开发者提供了灵活的选择，可以根据具体应用需求选用最适合的型号。同时，意法半导体还提供了丰富的开发工具和文档，如 STM32CubeMX 配置工具、STM32CubeIDE 集成开发环境、STM32 HAL 库等，为开发者提供了便利的开发平台。

1.1.4 STM32 芯片命名规则

在嵌入式系统开发领域，STM32 芯片凭借高性能、丰富的外设资源和广泛的应用场景而成为众多开发者的首选。清晰掌握 STM32 芯片的命名规则对于开发者而言至关重要，它就像

是一把钥匙，能帮助开发者快速准确地了解芯片的各项特性，从而在琳琅满目的芯片型号中精准挑选出最契合项目需求的那一款，大大提高开发效率，降低开发成本。以 STM32F103RCT6 为例，STM32 芯片命名规则见表 1-1。

表 1-1　STM32 芯片命名规则

序号	组成部分	含义	示例说明
1	产品系列名	固定为 STM32，代表 ST 品牌 Cortex-Mx 系列内核（ARM）的 32 位 MCU	STM32F103RCT6 中的 STM32 明确了芯片所属的大系列，即意法半导体基于 ARMCortex-Mx 内核的 32 位微控制器系列
2	产品类型	F 表示 Flash 产品，目前无其他选项	STM32F103RCT6 中的 F 表明该芯片是带有 Flash 存储器的产品，Flash 存储器用于存储程序代码和一些固定数据，开发者可以根据程序大小和数据存储需求，结合 Flash 容量的信息来选择合适的芯片型号
3	产品子系列	103 表示增强型产品，101 表示基本型产品，不同子系列在性能、外设配置等方面存在差异	STM32F103RCT6 中的 103 代表增强型产品。增强型产品通常在性能上比基本型产品更强劲，可能具有更高的时钟频率、更多种类或数量的外设，如更多的定时器、通信接口等。对于对性能和功能要求较高的项目，如工业控制、智能设备等，开发者可能会优先选择增强型产品
4	管脚数目	T=36 脚，C=48 脚，R=64 脚，V=100 脚，Z=144 脚	STM32F103RCT6 中的 R 代表该芯片有 64 个管脚。管脚数目决定了芯片对外连接的能力，更多的管脚可以引出更多的功能引脚，用于连接外部设备，如传感器、执行器、通信模块等。在设计硬件电路时，需要根据实际连接的外部设备数量和功能需求来选择合适管脚数目的芯片
5	闪存存储器容量	6=32KB，8=64KB，B=128KB，C=256KB，D=384KB，E=512KB	STM32F103RCT6 中的 C 代表闪存存储器容量为 256KB。闪存容量决定了可以存储多少程序代码和数据，对于一些小型的简单项目，32KB 或 64KB 的闪存容量已足够；但对于功能复杂、代码量较大的项目，则需要选择闪存容量更大的芯片，以确保程序能够完整存储和运行
6	封装信息	H=BGA，T=LQFP，U=VFQFPN	STM32F103RCT6 中的 T 代表采用薄型四方扁平封装（Low Profile Quad Flat Package，LQFP）。不同的封装形式在尺寸、引脚布局、散热性能等方面存在差异。LQFP 封装是一种常见的封装形式，具有引脚容易焊接、便于调试和维修等优点，适用于大多数开发板和一般的电子产品设计
7	工作温度范围	6=工业级的-40～85℃，7=工业级的-40～105℃	STM32F103RCT6 中的 6 代表工作温度范围为工业级的-40～85℃。在不同的应用场景中，环境温度有所不同。如果是在一般的室内环境应用，-40～85℃的温度范围通常可以满足要求；但如果是在一些特殊的工业环境，如高温的工业烤箱、寒冷的户外设备等，可能就需要选择工作温度范围更宽的芯片，如-40～105℃型号的芯片
8	可选项	用于标示内部固件版本号，可无	无（如 STM32F103RCT6 中无此部分）