

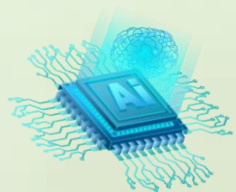


## 第2章 微型计算机的硬件系统

2.1 微型计算机的硬件共性结构及基本性能指标

2.2 通用嵌入式计算机的提出、定义及组成

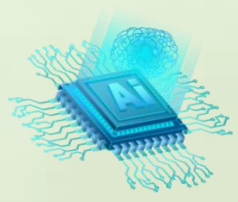
2.3 基于RISC-V架构CH573芯片构建GEC





## 2.1 微型计算机的硬件共性结构及基本性能指标（了解）

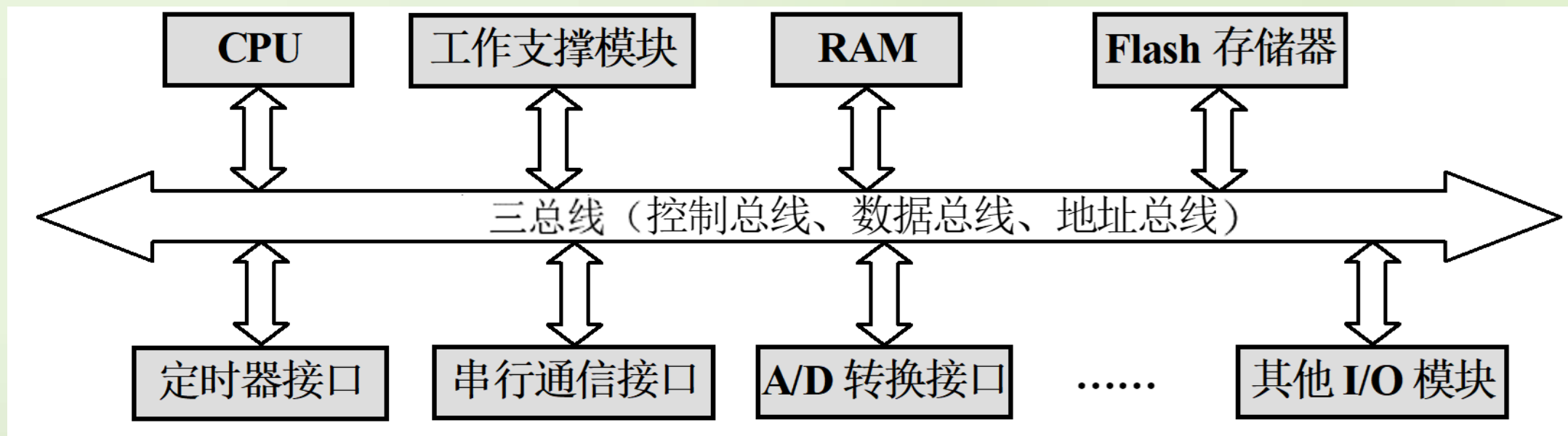
微型计算机的名字太多了，简直数不胜数，也反映了微型计算机的不同种类、不同用途，如：个人计算机（Personal Computer, PC）、桌面计算机（Desktop computer）、多媒体应用处理器（Multimedia Application Processor, MAP）、微控制器（Microcontroller, MCU）、单片机（Single Chip Microcomputer, SCM）、工控机（Industrial Personal Computer, IPC）、笔记本电脑（Notebook computer），等等。本节给出微型计算机硬件的共性结构及基本性能指标。





## 2.1.1 微型计算机的硬件共性结构

微型计算机硬件的共性结构可以简单地表述为：微型计算机是在内部集成了中央处理单元CPU、存储器（RAM/ROM等）、定时器/计数器及多种输入输出（I/O）接口的比较完整的数字处理系统。



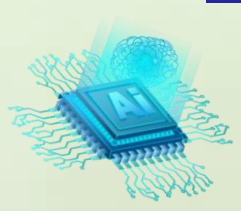


## 1. 关于CPU的补充说明

CPU是计算机运算核心和控制核心的集成电路，用来解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据。从功能角度，CPU主要由控制器和运算器两部分组成，完成指令的解释与执行。运算器部分由算术逻辑单元ALU、累加器AC、数据缓冲寄存器DR和标志寄存器F组成，是数据加工处理部件。控制器部分由指令计数器IP、指令寄存器IR、指令译码器ID及相应的操作控制部件组成，产生的各类控制信号使各部件协调地工作，是指令执行部件。

## 2. 关于存储器的补充说明

存储器是可以用来存储数据和指令的记忆部件，其主要功能是存储程序和各种数据，并能够在计算机运行过程中高速、自动地完成程序或数据的存取。从物理、功能等角度，存储器多种多样，如RAM、Flash等。





## 2.1.2 微型计算机基本性能指标

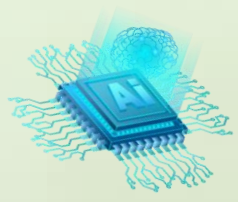
基本性能指标主要有字长、主频、存储容量、外设扩展能力、软件配置等。

### 1. 字长

字长是计算机内部一次可以处理的二进制数的位数，目前常有32位、64位、128位等。（通常所说的计算机位数就是指字长）

### 2. 主频

主频是指微型计算机中CPU的时钟频率，在MHz、GHz级别等。





### 3. 存储容量

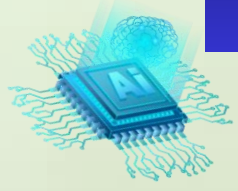
存储容量是衡量微型计算机中存储能力的一个指标，它包括内存容量和外存容量。内存容量是由CPU的地址总线的位数决定，目前已达到MB、GB级别；外存容量主要是指硬盘容量，目前已达到GB、TB级别。

### 4. 外设扩展能力

一台微型计算机可配置外部设备的数量以及配置外部设备的类型，对整个系统的性能有重大影响。如显示器的分辨率、多媒体接口功能和打印机型号等，都是外部设备选择中要考虑的问题。

### 5. 软件配置情况

软件配置情况直接影响使用和性能发挥，通常配置软件有：操作系统、计算机语言、工具软件、数据库管理系统、应用软件。

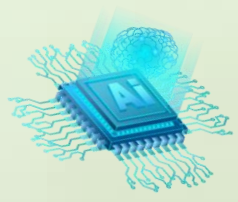






## 2.2 通用嵌入式计算机的提出、定义及组成

要能够做到像PC机那样开发嵌入式计算机程序，就必须做到类似PC机的系统，即有启动程序，然后在启动程序基础上，运行可独立编译的用户程序，为此构建通用嵌入式计算机。





## 2.2.1 嵌入式终端开发方式存在的问题与解决办法

### 1. 嵌入式终端UE开发方式存在的问题

微控制器MCU是嵌入式终端UE的核心，承担着传感器采样、滤波处理、融合计算、通信、控制执行机构等功能。MCU生产厂家往往配备一本厚厚的参考手册，少则几百页，多则可达近千页。许多厂家也给出软件开发包（Software Development Kit, SDK）。但是，MCU的应用开发人员通常花费太多的精力在底层驱动上，终端UE的开发方式存在**软硬件设计颗粒度低、可移植性弱**等问题。

- (1) 硬件设计颗粒度低。
- (2) 寄存器级编程，软件编程颗粒度低，门槛较高。
- (3) 可移植性弱，更换芯片困难，影响产品升级。







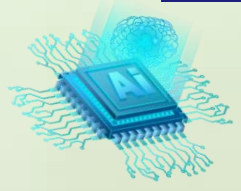
## 2. 解决终端开发方式颗粒度低与可移植性弱的基本方法

针对嵌入式终端UE开发方式存在颗粒度低、可移植性弱的问题，必须探讨如何提高硬件颗粒度、如何提高软件颗粒度、如何提高可移植性，做到这三个“提高”，就可大幅度降低嵌入式系统应用开发的难度。

(1) **提高硬件设计的颗粒度**。若能将MCU及其硬件最小系统、通信模组及其适配电路、eSIM卡及其接口电路，做成一个整体，则可提高UE的硬件开发颗粒度。

(2) **提高软件编程颗粒度**。针对大多数以MCU为核心的终端系统，可以通过面向知识要素角度设计底层驱动构件，把编程颗粒度从寄存器级提高到以知识要素为核心的构件级。

(3) **提高软硬件可移植性**。把共性抽象出来，面向知识要素封装，把个性化的寄存器屏蔽在构件内部，这样才能使得应用层编程具有可移植性。在硬件方面，遵循硬件构件的设计原则，提高硬件可移植性。





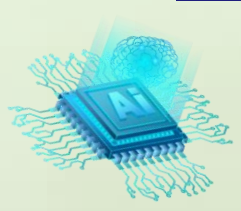
## 2.2.2 提出GEC概念的时机、GEC定义与特点

### 1. 提出GEC概念的时机

**借鉴：**要能够能够做到提高编程颗粒度、提高可移植性，可以借鉴通用计算机（General Computer）概念与做法，在一定条件下，做**通用嵌入式计算机（General Embedded Computer, GEC）**，把**基本输入输出系统（Basic Input and Output System, BIOS）**与用户程序分离开来，实现彻底的工作分工。GEC虽然不能涵盖所有嵌入式开发，但可涵盖其中大部分。

**时机：**（1）MCU的总线频率是早期MCU总线频率几十倍，甚至几百倍；（2）软件构件技术的发展与认识的普及。

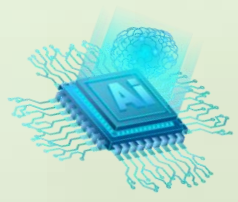
**希望实现：**从“零”开始的编程，将逐步分化为构件制作与构件使用两个不同层次，也为嵌入式人工智能提供先导基础。





## 2. GEC定义

通用嵌入式计算机GEC定义。一个具有特定功能的**通用嵌入式计算机（General Embedded Computer, GEC）**，体现在硬件与软件两个方面。在**硬件方面**，把MCU硬件最小系统及面向具体应用的共性电路封装成一个整体，为用户提供SOC级芯片的可重用的硬件实体，并按照硬件构件要求进行原理图绘制、文档撰写及硬件测试用例设计。在**软件方面**，把嵌入式软件分为**基本输入/输出系统（Basic Input/Output System, BIOS）**程序与User程序两部分。BIOS程序先于User程序固化于MCU内的非易失存储器（如Flash）中，启动时，BIOS程序先运行，随后转向User程序。BIOS提供工作时钟及面向知识要素的底层驱动构件，并为User程序提供函数原型级调用接口。





### 3. GEC基本特点

与MCU对比，GEC具有**硬件直接可测性**、**用户软件编程快捷性**与**可移植性**三个基本基本特点。

(1) GEC硬件的**直接可测性**。与一般MCU不同，GEC类似PC机，通电后可直接可运行内部BIOS程序，BIOS驱动保留使用的小灯引脚，高低电平切换（在GEC上，可直接观察到小灯闪烁）。可利用AHL-GEC-IDE开发环境，使用串口连接GEC，直接将User序写入GEC，User程序中包含类似于PC程序调试的printf语句，通过串口向PC机输出信息，实现了GEC硬件的直接可测性。

(2) GEC用户软件的**编程快捷性**。与一般MCU不同，GEC内部驻留的BIOS与PC机上电过程类似。利用User程序不同框架，用户软件不需要从“零”编起，而是在相应框架基础上，充分应用BIOS资源，实现快捷编程。

(3) GEC用户软件的**可移植性**。与一般MCU软件不同，GEC的BIOS软件由GEC提供者研发完成，随GEC芯片而提供给用户，即软件被硬件化了，具有通用性。BIOS驻留了大部分面向知识要素的驱动，提供了函数原型级调用接口。在此基础上编程，只要遵循软件工程的基本原则，GEC用户软件则具有较高的可移植性。

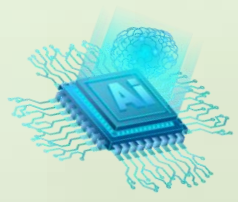




### 2.2.3 GEC基本硬件系统的组成

表2-1 GEC基本硬件系统的基本组成

序号	部件	功能说明
1	主控芯片	例如，CH573 芯片、D1-H 芯片、STM32L431 芯片、MSPM0L1306 芯片等。
2	复位按钮	用户程序不能写入时，按此按钮 6 次以上，绿灯闪烁，可继续下载用户程序
3	TTL-USB	两路 TTL 串口电平转 USB，与工具计算机通信，下载程序，用户串口
4	三色灯	红、绿、蓝
5	5V 转 3.3V 电路	实验时通过 Type-C 线接 PC 机，5V 引入本板，在板上转为 3.3V 给芯片供电
6	引出脚编号	把主控芯片的基本功能引脚全部再次引出，供应用开发者使用
7	温度传感器	测量环境温度（可选）





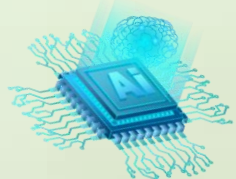


## 1. 芯片的硬件最小系统

**硬件最小系统**是指包括电源、晶振、复位、写入调试器接口等可使内部程序得以运行的、规范的、可复用的核心构件系统，它是应用产品设计人员要为芯片提供的硬件方面的最基本的服务。

## 2. 复位按钮

GEC板上有个复位按钮，其作用是热复位。特别功能是，在短时间内连续按6次以上，GEC进入BIOS运行状态，可以进行用户程序下载，仅用于解决GEC与开发环境连接不上时的写入操作问题。

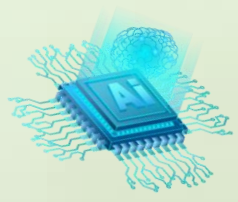






### 3. TTL-USB串口

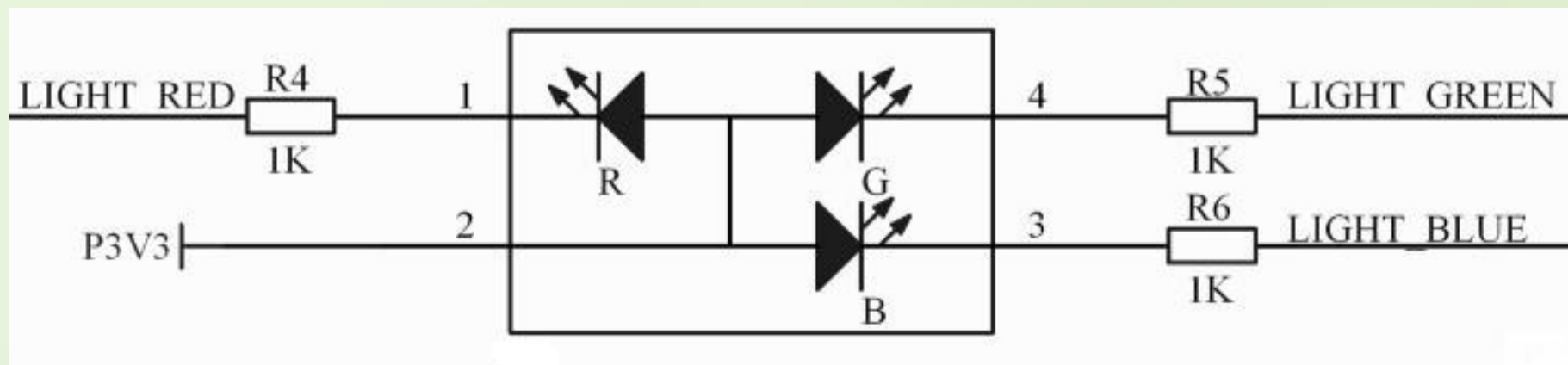
嵌入式软件开发需要使用PC机或笔记本电脑作为**工具机**，嵌入式终端作为运行程序的目标计算机。程序的编辑、编译、下载、调试等工作在工具机上进行。嵌入式软件开发时，**工具机与目标机**之间的通信主要有写入调试器接口与串口。写入调试器接口可以提供BIOS的下载，使用串口通信进行用户程序的下载是十分便利的方法。工具机大多是USB接口，嵌入式芯片串口引脚是TTL电平，因此**GEC最好带有TTL-USB串口**。这个用于使用**Type-C线将GEC与PC机的USB连接起来**，实质是串行通信连接，PC机使用USB接口模拟串口是为了方便，现在的工具机已经逐步没有RS232串行通信接口，此内容将在第6章进行阐述。这个**TTL-USB串口提供了两路串口**，一个用于下载用户与调试程序，一个供用户使用。





## 4. LED三色灯

红（R）、绿（G）、蓝（B）三色灯电路原理图，如图2-2所示。三色灯的型号为 1SC3528VGB01MH08，内含红绿蓝三个发光二极管（Light Emitting Diode, LED）。图中，每个二极管的负极外接 $1\text{K}\Omega$ 限流电阻后接入芯片引脚，只要芯片内的程序，控制相应引脚输出低电平，**因二极管具有单向导电性**，对应的发光二极管就亮起来了，达到软件控制硬件的目的。



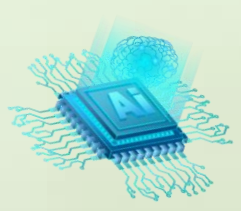
**注意：额定电流的概念**





## 2.3 基于RISC-V架构CH573芯片构建GEC

本节给出RISC-V架构具体芯片（CH573）实例，利用它构成一个通用嵌入式计算机，以便进行编程实践。要构建GEC，首先要完成芯片最小硬件系统。





## 2.3.1 芯片最小硬件系统的电路组成

构建GEC，重要工作之一是软件能够写到GEC中，并使之运行起来，那么，就要为芯片提供基本的硬件服务，这就是**硬件最小系统**，有了它，芯片内部若有程序，就会运行起来，这里给出芯片最小硬件系统的共性说明。

### 1. 电源及其滤波电路

- (1) 为什么需要电容滤波？
- (2) 为什么电容可以滤波？
- (3) 画原理图与布板是需要注意什么？
- (4) 电容大小与干扰波频率的关系。

**举例：2009年折弯机项目，加外接电容滤波解决电机对串口的干扰。**





## 2. 复位引脚

芯片复位，意味着一切重新开始，其引脚为RESET。

(1) **外部复位和内部复位**。从引起MCU复位的内部与外部因素来区分，复位可分为外部复位和内部复位两种。外部复位有上电复位、按下“复位”按钮复位。内部复位有看门狗定时器复位、低电压复位、软件复位等。

(2) **冷复位和热复位**。从复位时芯片是否处于上电状态来区分，可分为冷复位和热复位。从无电状态到上电状态的复位属于**冷复位**，芯片处于带电状态时的复位叫**热复位**。冷复位，RAM的内容是随机的，热复位，RAM的内容会保持复位前的内容。

**补充：编程过程中正确使用复位，对产品健壮性的作用。**

**举例：(1) 2005年瑞萨稼动率项目，定时复位解决死机问题。**

**(2) 外接USB的热复位处理方法。**

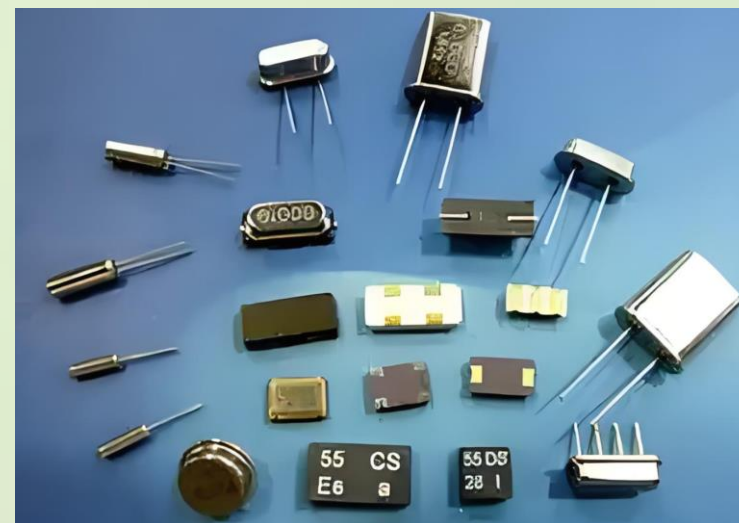




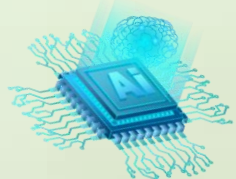


### 3. 晶振电路

计算机的工作需要一个时间基准，这个时间基准由晶振电路提供。有的芯片可使用内部晶振和外部晶振两种方式为芯片提供工作时钟。使用内部时钟源可略去外部晶振电路，但通常内部时钟源比外部晶振电路的精度低。若时钟源需要更高的精度，可选用外部晶振。



**补充：晶振的基本原理。**

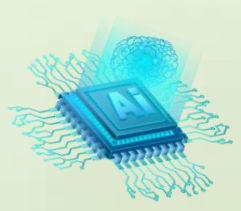






## 2.3.2 CH573F的硬件最小系统

CH573F为南京沁恒微电子于 2022年推出的低功耗蓝牙系列中的一个型号，是RISC-V内核的微控制器家族之一，60MHz 频率，Flash大小为512KB；片上集成低功耗蓝牙 BLE 通讯模块、SPI、4 个串口、ADC、RTC 等外设资源。封装形式为28引脚无引线四方扁平封装（Quad Flat No-lead, QFN），配送形式为大卷带包装。





1. CH573F引脚图

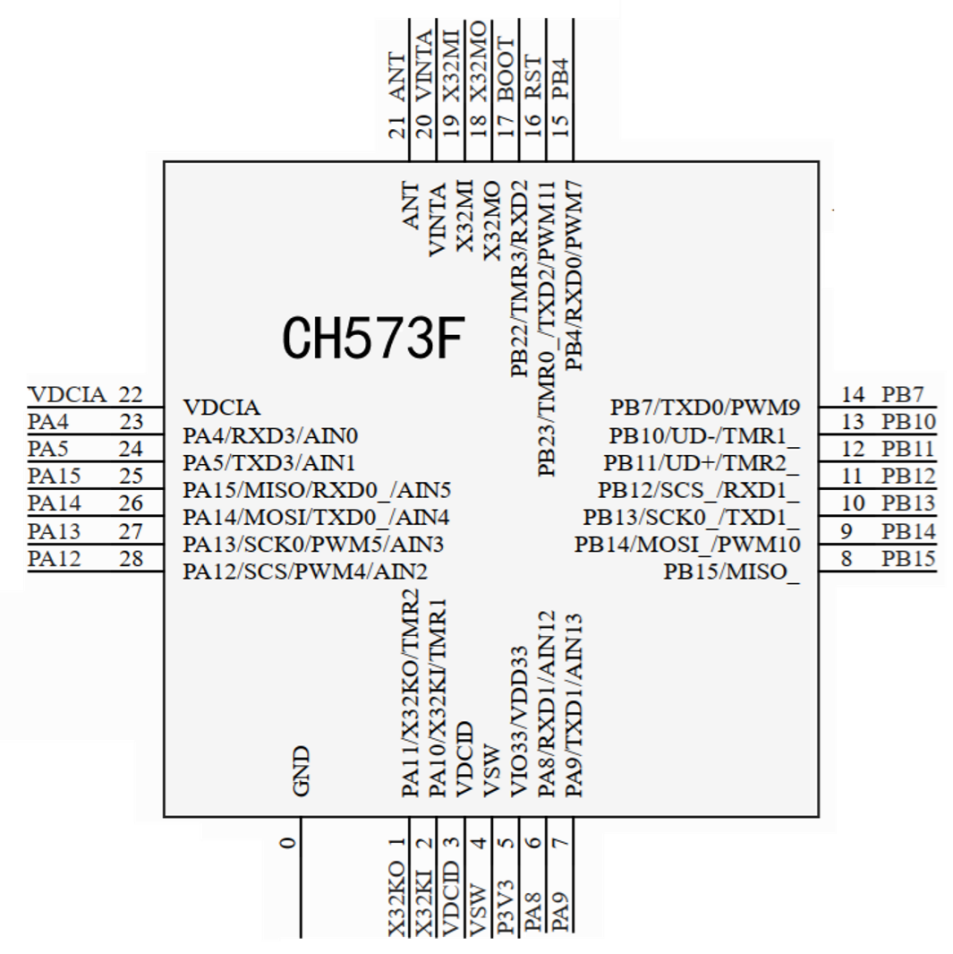
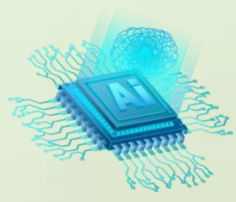




表2-2 CH573F硬件最小系统引脚表

分类	引脚名	引脚号	功能描述
电源输入	VDD33	5	电源，典型值：3.3V
电源输入	VDCID、VDCIA	3、22	分别为内部数字电路和模拟电路 LDO 调整器的电源输入，需要两个引脚短接并外接 0.1uF 退耦电容
电源输入	VSW	4	内部 DC-DC 开关输出，启用 DC-DC 时必须贴近引脚串接 22uH 电感 连接到 VDCID，不启用 DC-DC 时可以直连 VDCID。
电源	VINTA	20	内部模拟电路的电源节点
晶振	X32KO、X32KI	1、2	32.768K 无源晶振接入引脚
晶振	X32MO、X32MI	18、19	32M 无源晶振接入引脚
启动方式	PB22 (BOOT)	17	程序启动方式控制，BOOT 接地，芯片启动时停留在 bootloader 程序中 (BIOS 程序写入时使用)
引脚个数统计			硬件最小系统引脚为 10 个

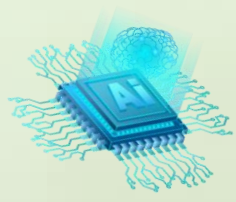




2. 对外提供服务引脚

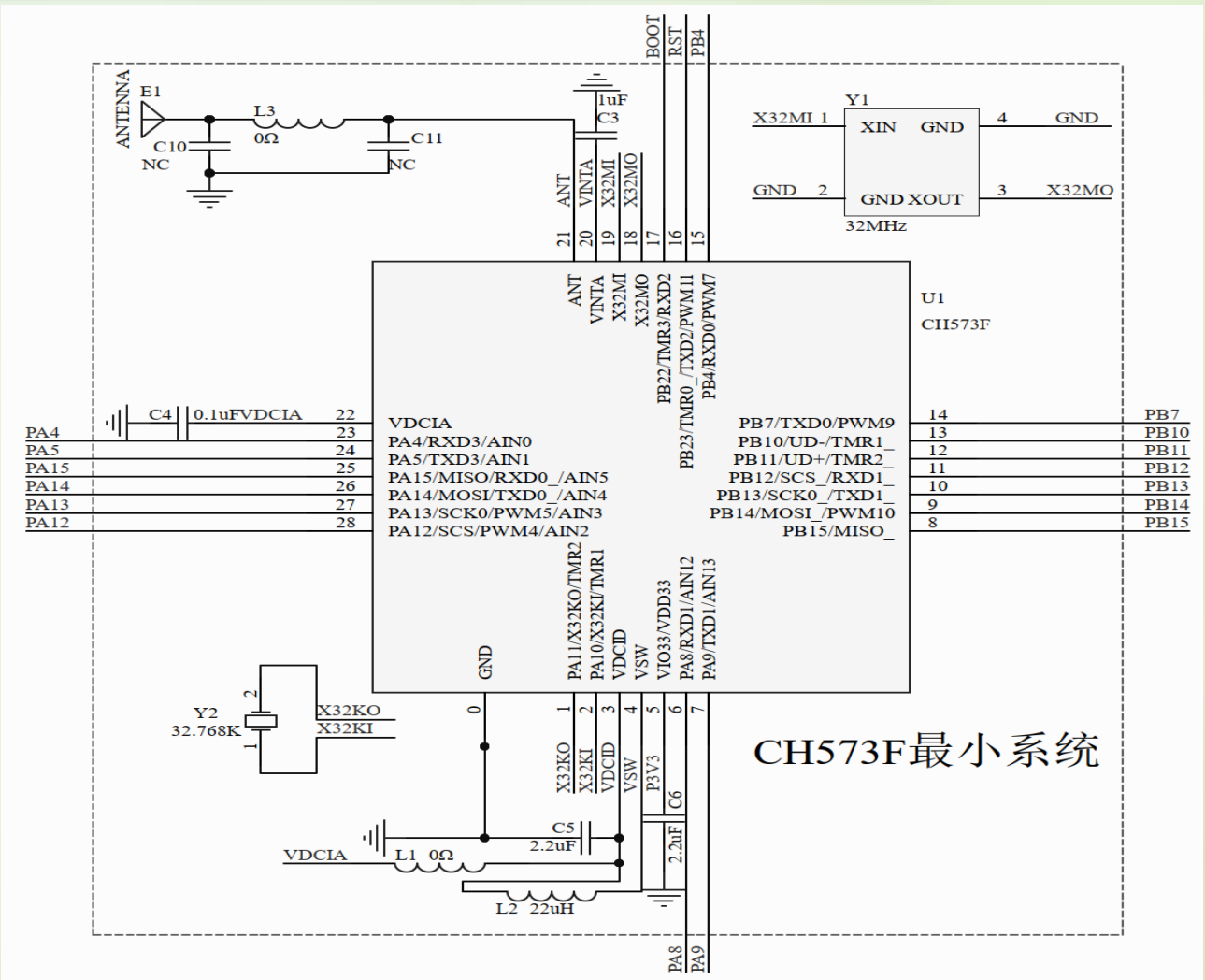
表2-3 CH573对外提供I/O端口资源类引脚表

端口号	引脚数	引脚名	硬件最小系统复用引脚
A	10	PA[4-5], PA[8-15]	
B	12	PB[4], PB[7-15], PB[22-23]	PB23, PB12, PB15, PB22
合计	22		





### 3. 硬件最小系统电路图





本章作业：7、8、9

