



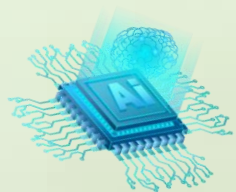
## 第5章 基于构件的汇编程序设计方法

5.1 构件的基本概念

5.2 程序流程控制

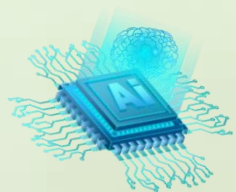
5.3 汇编程序设计实例

实验二：基于构件方法的汇编程序设计





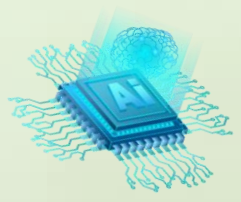
本章主要目的是**进一步练习汇编程序编程**，通过实例掌握汇编编程的基本方法，打好基本功。主要内容包括软件构件基本概念及构件设计中所需遵循的基本原则、分支结构及循环结构等程序流程控制基本方法、汇编程序设计实例，以及给出基于构件方法的汇编程序设计实验等。





## 5.1 软件构件概述

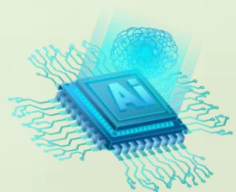
机械、建筑等传统产业的运作模式是先生产符合标准的构件（零部件），然后将标准构件按照规则组装成实际产品。其中，**构件（Component）**是核心和基础，复用是必需的手段。传统产业的成功充分证明了这种模式的可行性和正确性。软件产业的发展借鉴了这种模式，为**标准软件构件**的生产和复用确立了举足轻重的地位。





## 5.1.1 软件构件定义

一般可以将软件构件定义为：在语义完整、语法正确情况下，具有**可复用**价值的单位软件是软件复用过程中可以明确辨别的成分；从程序设计视角来看，可以将构件看作是有一定功能、能够独立工作或协同其他构件共同完成的程序体。





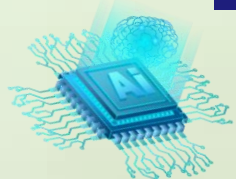
## 5.1.2 构件设计的基本思想与基本原则

### 1. 底层驱动构件

**底层驱动构件**是根据MCU内部功能模块的基本知识要素，针对MCU引脚功能或MCU内部功能，利用MCU内部寄存器所制作的直接干预硬件的构件。如GPIO构件、UART构件、Flash构件、ADC构件等。

**底层驱动构件的特点**是面向芯片，不考虑具体应用，以功能模块独立性为准则进行封装。

**面向芯片**，即不应该考虑具体应用项目，还要屏蔽芯片之间的差异，尽可能把底层驱动构件的接口函数与参数设计成芯片无关性，便于理解与移植，**模块独立性**是指设计芯片的某一模块底层驱动构件时，不要涉及其他平行模块。





## 2. 外部设备构件

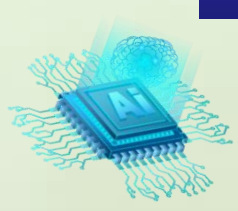
**外部设备构件**是通过调用芯片的底层驱动构件制作的，符合软件工程封装规范的，面向MCU外围硬件模块的驱动构件。如LCD构件、printf构件等。

**外部设备构件的特点**是面向实际MCU外围硬件模块，以硬件模块独立性为准则进行封装。

## 3. 算法构件

**算法构件**是一个面向对象的、具有规范接口和确定的上下文依赖的组装单元，它能够被独立使用或被其他构件调用。

**算法构件的特点**是面向实际算法，以功能独立性为准则进行封装，具备底层硬件无关性。如排序算法、队列操作及人工智能相关算法等。





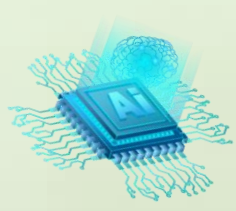
## 5.1.3 构件设计的基本思想与基本原则

### 1. 构件设计的基本思想

(1) 构件由头文件和源程序文件两部分组成。构件的头文件名和源程序文件名一致，且为构件名。

(2) 构件头文件是构件的使用说明。主要包含必要的引用文件、描述构件功能特性的宏定义语句以及声明对外接口函数。目标是使用构件只看头文件，不需要看构件源代码。

(3) 构件源程序包含构件头文件、内部函数声明、对外接口函数实现、内部函数实现等内容。对外接口函数，即API的命名：构件名\_功能。







## 2. 构件设计的基本原则

构件设计应满足封装性、描述性、可移植性、可复用性等基本要求。

构件设计应遵循层次化、易用性、鲁棒性及对内存的可靠使用等原则

### 1) 层次化原则

(1) 针对应用场景和服务对象，分层组织构件。(2) 在构件的层次模型中，上层构件可以调用下层构件提供的服务，同一层次的构件不存在相互依赖关系，不能相互调用。

### 2) 易用性原则

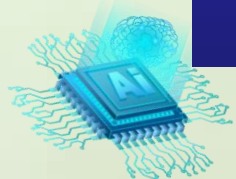
函数名简洁且达意；接口参数清晰，范围明确；使用说明语言精炼规范，避免二义性。

### 3) 鲁棒性原则

对输入参数的检测，对超出合法范围的输入参数进行必要的处理；同时，不能忽视编译警告错误。

### 4) 内存可靠使用原则

**特别强调：**构件中不使用全局变量。







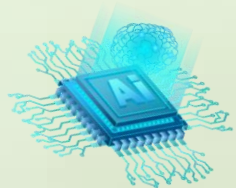
## 5.1.4 基于构件的软件设计步骤

### 1. 构件测试

在构件使用之前，必须编写构件测试程序对构件进行测试。

### 2. 应用程序设计

汇编语言的应用程序设计可分为主程序及中断服务例程两个部分，一般过程有：分析问题、建立数学模型、确定算法、绘制程序流程图、内存空间分配、编写程序及程序整体测试。实际上在编码过程中，每撰写几句，均可利用**printf**输出显示功能进行打桩调试。





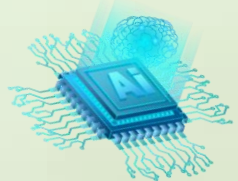
## 5.2 程序流程控制

### 5.2.1 分支结构

一般使用临时寄存器t0~t6来存放需要比较的数，然后使用beq（等于转）、bne（不等于转）、blt（小于转，有符号数比较）、bltu（小于转，无符号数比较）、bge（大于转，有符号数比较）、bgeu（大于转，无符号数比较）指令进行条件跳转编程。

无条件跳转语句“j 标号”跳过不满足条件的程序段

例：CH05-1分支结构





AHL-GEC-IDE V5.03 (金葫芦GEC集成开发环境)

苏州大学荣誉出品

2025年02月18日

文件 编辑 编译 下载 系统 动态命令 工具 帮助 外接软件 串口调试 调试测试

金葫芦AHL-GEC-IDE: 串口更新 (程序下载与运行)

设备连接

重新连接GEC

COM51: BIOS-CH573 V3.2 NOS RF 202502

自动搜索

导入机器码.Hex文件

请选择机器码Hex文件

选择文件

机器码文件: CH05-1.hex

:020000021000EC  
:042000006F10004A13  
:10200400008000200000000006F0080086F0080083E  
:1020140000000000000000000000000000000000BC  
:1020240000000000000000000000000000000000AC  
:102034006F008006000000006F00400600000000F2  
:102044006F0000066F0000066F0000066F000006B8  
:102054006F0000066F0000066F000006000000001D  
:102064006F00C0056F00C0056F00C0056F00C0059C  
:102074006F00C0056F00C005000000006F00800500

更新操作与进度提示

一键自动更新

继续传输

退出串口更新

100.0%

更新与运行提示信息

清空

程序整体更新成功  
【BIOS提示】: User程序下载完毕, 为运行User程序做准备...  
【BIOS提示】: BIOS启动完成!  
【BIOS提示】: 本版BIOS驻留RT-Thread实时操作系统  
即将进入User程序运行, 请关注User程序提示...  
  
【User提示】: 将进入User的main函数执行...  
  
-----  
金葫芦提示:  
本工程实现两数相减绝对值, 运行结果如下所示!  
  
-----  
15<24, 相减绝对值:9  
15<24, 相减绝对值:9  
15<24, 相减绝对值:9

运行状态: 程序整体更新成功

协议: 串口

行:74 列:34

协议信息: 端口COM51,波特率115200

当前时间: 2025/2/19 20:42:15

第11页 共21页



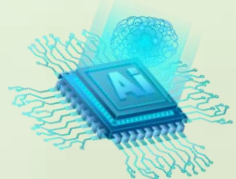
## 5.2.2 循环结构

(1) 初始化。主要功能是完成建立循环次数计数器，设定变量的初值，装入暂存单元的初值等。

(2) 循环体。循环体是CPU执行某一指令系列（程序段）具体组成部分，在循环体内需要设定终止循环条件，否则，程序容易进入死循环。

(3) 循环控制。包括修改变量，为下一次循环做准备，以及修改循环计数器（计数器减1），判断循环次数是否到达。达到循环次数则结束循环；否则继续循环（即跳转回去，再执行一次循环）

例：CH05-2循环结构





AHL-GEC-IDE V5.03 (金葫芦GEC集成开发环境)

苏州大学荣誉出品

2025年02月18日

文件 编辑 编译 下载 系统 动态命令 工具 帮助 外接软件 串口调试 调试测试

金葫芦AHL-GEC-IDE: 串口更新 (程序下载与运行)

设备连接

重新连接GEC

COM51: BIOS-CH573 V3.2 NOS RF 202502

自动搜索

导入机器码.Hex文件

请选择机器码Hex文件

选择文件

机器码文件: CH05-2循环结构.hex

:020000021000EC

:042000006F10004A13

:1020040000800020000000006F0080086F0080083E

:1020140000000000000000000000000000000000BC

:1020240000000000000000000000000000000000AC

:102034006F008006000000006F00400600000000F2

:102044006F0000066F0000066F0000066F000006B8

:102054006F0000066F0000066F000006000000001D

:102064006F00C0056F00C0056F00C0056F00C0059C

:102074006F00C0056F00C005000000006F00800500

更新操作与进度提示

一键自动更新

继续传输

退出串口更新

100.0%

更新与运行提示信息

清空

当前第32/33帧

当前第33/33帧

程序整体更新成功

【BIOS提示】: User程序下载完毕, 为运行User程序做准备...

【BIOS提示】: BIOS启动完成!

【BIOS提示】: 本版BIOS驻留RT-Thread实时操作系统

即将进入User程序运行, 请关注User程序提示...

【User提示】: 将进入User的main函数执行...

金葫芦提示:

本工程实现1-100这100个数相加, 运行结果如下所示!

sum=5050

运行状态: 程序整体更新成功

协议: 串口

行:22 列:25

协议信息: 端口COM51,波特率115200

当前时间: 2025/2/19 21:02:55

第13页 共21页





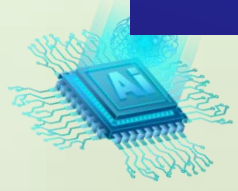
## 5.3 汇编程序设计实例

### 5.3.1 数制转换程序设计

#### 1. 十进制无符号数（0~255）转为十六进制显示

编写程序将一个字节的十进制数转换成十六进制数，结果通过串口输出。参考程序见电子资源【03-Software\CH05-3(10转16)】

分析：一个字节的十进制数转化成十六进制数，也使用一个字节表示，分为高四位一个字符与低四位一个字符。十进制存放时，实质高低四位二进制数已经存放好，要通过串口输出十六进制形式，实质是输出四位二进制对对应的十六进制数的ASCII码，编程时，使用一个子函数（convert\_hex）将其直接分为两个字节。之后，再使用一个子函数（message\_loop\_hex），把每个字节用十六进制符号输出即可，若其值小于等于9，直接格式化输出，若其值大于等于10，且小于等于15，分别用A~F表示。







AHL-GEC-IDE V5.03 (金葫芦GEC集成开发环境)苏州大学荣誉出品2025年02月18日

文件 编辑 编译 下载 系统 动态命令 工具 帮助 外接软件 串口调试 调试测试

金葫芦AHL-GEC-IDE: 串口更新 (程序下载与运行)

设备连接

重新连接GEC

COM51: BIOS-CH573 V3.2 NOS RF 202502

自动搜索

导入机器码 Hex文件

请选择机器码Hex文件

选择文件

机器码文件: CH05-3(10转16).hex

:020000021000EC  
:042000006F10004A13  
:1020040000800020000000006F0080086F0080083E  
:1020140000000000000000000000000000000000BC  
:1020240000000000000000000000000000000000AC  
:102034006F0080060000000006F00400600000000F2  
:102044006F0000066F0000066F0000066F000006B8  
:102054006F0000066F0000066F000006000000001D  
:102064006F00C0056F00C0056F00C0056F00C0059C  
:102074006F00C0056F00C005000000006F00800500

更新操作与进度提示

一键自动更新 继续传输 退出串口更新

100.0%

更新与运行提示信息

清空

【User提示】: 将进入User的main函数执行...

金葫芦提示:  
本工程实现十进制转十六进制, 运行结果如下所示!

十进制:190  
十六进制:BE  
printf输出十六进制:0xBE

十进制:190  
十六进制:BE  
printf输出十六进制:0xBE

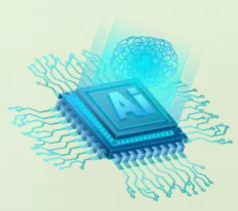
运行状态: 程序整体更新成功

协议: 串口

行:8 列:1

协议信息: 端口COM51,波特率115200

当前时间: 2025/2/23 20:39:04

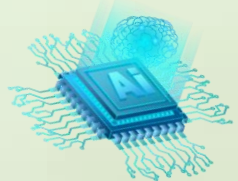




## 2. 十进制无符号数（0~255）转为二进制显示

【例5-4】编写程序将一个字节的十进制数转换成二进制数，结果通过串口输出。参考程序见电子资源【03-Software\CH05-4(10转2)】。

分析：一个字节的十进制数转化成二进制数，使用一个字节表示，每一位都是一个二进制数，所以有8个二进制数。核心思路是通过移位和位操作将十进制数的每一位转换为二进制，并存储到大小为8的数组中。编程时，使用一个子函数（`convert_bin`）将十进制数转换的二进制数存储在数组中。





AHL-GEC-IDE V5.00 (金葫芦GEC集成开发环境) 苏州大学荣誉出品 2024年10月24日

文件 编辑 编译 下载 系统 动态命令 工具 帮助 外接软件 串口调试 调试测试

金葫芦AHL-GEC-IDE: 串口更新 (程序下载与运行)

设备连接

重新连接GEC

COM39: BIOS-CH573 V3.1 NOS RF 202501

自动搜索

更新操作与进度提示

一键自动更新

继续传输

退出串口更新

100.0%

导入机器码.Hex文件

请选择机器码Hex文件

选择文件

机器码文件: 模版.hex

:020000021000EC  
:042000006F10004A13  
:1020040000800020000000006F0080086F0080083E  
:1020140000000000000000000000000000000000BC  
:1020240000000000000000000000000000000000AC  
:102034006F008006000000006F00400600000000F2  
:102044006F0000066F0000066F0000066F000006B8  
:102054006F0000066F0000066F000006000000001D  
:102064006F00C0056F00C0056F00C0056F00C0059C  
:102074006F00C0056F00C005000000006F00800500

更新与运行提示信息

清空

【BIOS提示】: 本版BIOS驻留RT-Thread实时操作系统  
即将进入User程序运行, 请关注User程序提示...

【User提示】: 将进入User的main函数执行...

金葫芦提示:  
本工程实现十进制转二进制, 运行结果如下所示!

十进制信息是: 100

bin\_ade: 01100100

printf输出二进制结果是: 01100100

第17页 共21页

GEC AHL-CH573 RISC-V  
苏州大学 & 江海通讯 联合研制



## 5.3.2 冒泡排序程序设计

【例5-5】输入一组数据，编程实现冒泡递减排序效果，并通过LCD屏幕显示输出结果。假设待排序的一组数是：12，15，8，14，16，10，2，30，参考程序见电子资源【03-Software\ CH05-5(冒泡排序)】。

分析：这里需要定义一个数据段来存储数据，可以设定存取每个数据都占用一个字节；排序过程主要分为外循环和内循环两个程序段，每执行完一次内循环，外循环需要循环的次数减1，当外循环需要循环的次数为0时，说明排序完成。





AHL-GEC-IDE V5.03 (金葫芦GEC集成开发环境)苏州大学荣誉出品2025年02月18日

文件 编辑 编译 下载 系统 动态命令 工具 帮助 外接软件 串口调试 调试测试

金葫芦AHL-GEC-IDE: 串口更新 (程序下载与运行)

设备连接

重新连接GEC

COM51: BIOS-CH573 V3.2 NOS RF 202502

自动搜索

导入机器码.Hex文件

请选择机器码Hex文件

选择文件

机器码文件:

CH05-5(冒泡排序).hex

:020000021000EC  
:042000006F10004A13  
:1020040000800020000000006F0080086F0080083E  
:102014000000000000000000000000000000000000BC  
:102024000000000000000000000000000000000000AC  
:102034006F008006000000006F00400600000000F2  
:102044006F0000066F0000066F0000066F000006B8  
:102054006F0000066F0000066F0000060000000001D  
:102064006F00C0056F00C0056F00C0056F00C0059C  
:102074006F00C0056F00C005000000006F00800500

更新操作与进度提示

一键自动更新

继续传输

退出串口更新

100.0%

更新与运行提示信息

清空

【User提示】: 将进入User的main函数执行...

★金葫芦提示★  
【程序功能】实现将一组数进行冒泡递减排序!

排序前:12 15 8 14 16 2 45 96  
排序后: 96 45 16 15 14 12 8 2  
LIGHT\_BLUE:OFF--  
  
闪烁次数mLightCount =1  
  
LIGHT\_BLUE:ON--

运行状态: 程序整体更新成功

协议: 串口

行:16 列:27

协议信息: 端口COM51,波特率115200

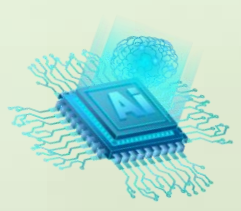
当前时间: 2025/2/24 7:31:50

第19页 共21页



## 实验二：基于构件方法的汇编程序设计

在学院网站上传实验报告及实验程序，注意注释规范。







本章作业：1~6

