

# **基于半虚拟化场景的 嵌入式系统项目实训教程**

马兴录 赵振 陶冶 著

## 目 录

前言 .....	1
第一章 嵌入式系统开发流程.....	2
1.1 嵌入式系统开发流程.....	2
1.2 基于 UML 的开发方法 .....	2
第二章 半虚拟化实训场景.....	3
2.1 半虚拟化实训场景简介.....	3
2.2 二自由度自动进样器仿真实训场景.....	5
第 3 章 实训项目---自动进样器 .....	6
3.1 自动进样器工作原理.....	6
3.2 自动进样器的控制要求.....	7
3.3 需求分析.....	7
3.4 总体设计.....	9
3.4.1 硬件设计.....	9
3.4.2 通讯协议设计.....	10
(1) 功能说明.....	10
3.5 详细设计.....	12
3.5.1 主转盘电机的转动控制.....	12
3.5.2 主转盘的定位.....	13
3.5.3 针臂的上下移动与限位.....	14
3.5.4 通讯协议的实现.....	14
3.5.5 远程控制及调试.....	17
3.5.6 整机功能实现.....	17
3.5.7 容错及可靠性设计.....	17
3.5.8 验收标准.....	18

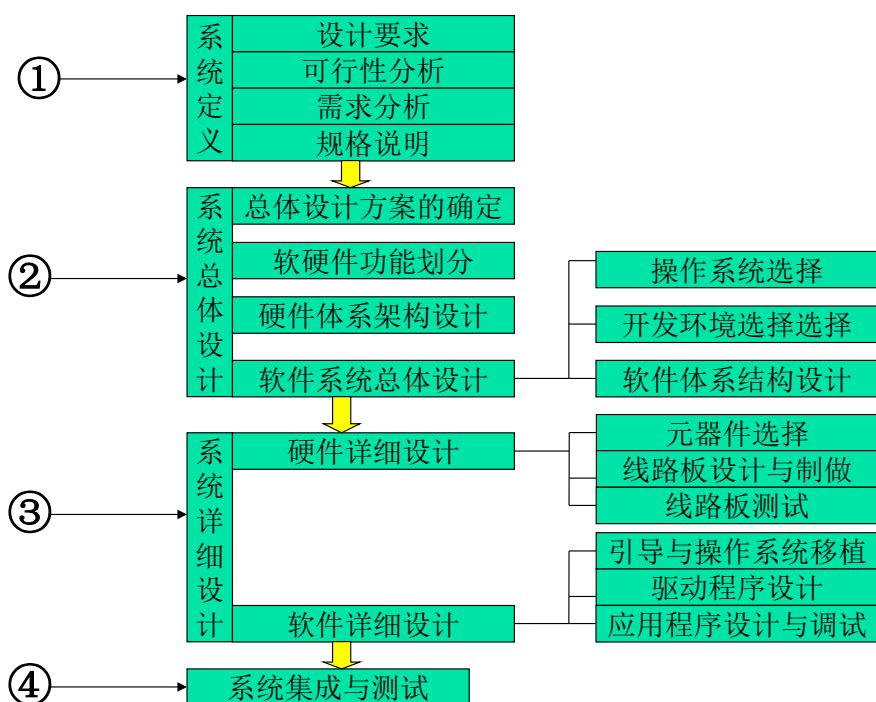
# 前言

# 第一章 嵌入式系统开发流程

嵌入式系统是计算机软硬件结合的系统，其开发过程除了具备一般工程项目的流程外，还具备自己的一些特点。遵循正确的开发流程，可以确保系统开发中少走弯路，开发出的系统具备一定的质量保证。

## 1.1 嵌入式系统开发流程

嵌入式系统的开发流程与软件工程的开发流程基本一致，可分为 4 大阶段：系统定义阶段、总体设计阶段、详细设计阶段和系统集成与测试阶段。如图 1 所示。



本章将以具体项目为例介绍嵌入式系统的开发流程。

## 1.2 基于 UML 的开发方法

UML (Universal Module Language) 是一种高度抽象的，表达清晰快捷的第三代建模语言。它以面向对象的编程思想为基础，通过严格定义的对象元模型的语义、对象结构、行为、通信等符号来表达系统模型。它不仅广泛应用于软件系统的开发，也同样适用于嵌入式系统的开发。UML 不仅适用于开发的初期阶段，也适用于开发的整个流程。

## 第二章 半虚拟化实训场景

### 2.1 半虚拟化实训场景简介

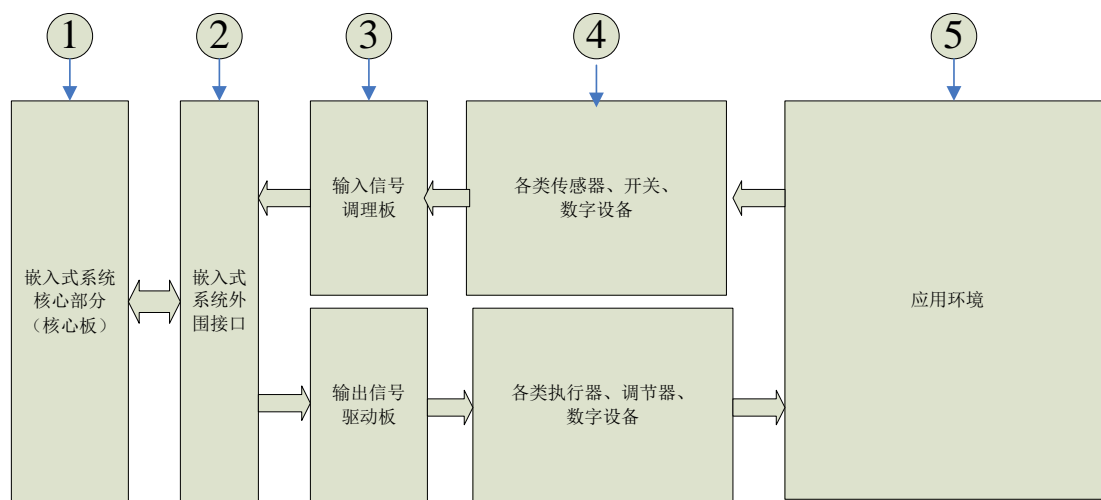


图 1 嵌入式系统关键部分组成

随着科学技术的发展，社会对高校学生的实践能力的要求越来越高，对学生实践能力的培养变得越来越重要。不仅加强了各常规性的实验内容，增多了实验项目，更是将项目实训作为重点进行建设。

在实际的嵌入式系统的开发过程中，包含了如图 1 所示的 1-5 项各个部分，开发人员可以直接通过嵌入式系统与应用环境交互、编程、调试。而在传统的嵌入式系统实验方法中，通常可包括①-④部分，这导致实验箱内部器件繁多，容易损坏，维修很不方便；为了减少损坏，现在有些学校开始采用嵌入式系统开发板的方式进行实验教学，包括了①-②部分，有些嵌入式系统开发板会包括少量的③④部分。

上述两种方式都不会将第 5 部分包含进来，这导致不论是实验箱还是开发板，都只能让学生做一些验证性实验，虽然有时候会开发一些综合性的实训项目，但由于缺乏真实的应用环境，学生的兴趣不高，效果不够理想。而真实的应用环境又很难在实验室内搭建，即使搭建，也因成本太高等原因，只能搭建少数几套用于演示，而不能让学生实际编写程序进行操作。

全虚拟的嵌入式系统实验方法，可以将第 5 部分使用虚拟仿真的方法进行实现。但现有的嵌入式系统虚拟实验系统，不能向学生提供真实的开发、运行环境。所编写的程序仅适用于当前虚拟仿真环境下开发、调试和运行。但实际应用场合的嵌入式系统开发、调试、运行，很大程度上需要结合实际的开发、运行设备来进行，而虚拟仿真环境下所编写的程序、所获得的开发、调试经验与实际应用场合中的有较大出入，不能很好的锻炼、提升学生的实际开发能力。

针对以往传统实验或实训系统的损坏率高、建设成本高、缺乏真实应用场景，全虚拟实验系统不能提供真实开发环境等缺点，本发明通过将 3-5 部分进行半虚拟化，保留 1-2 部分采用开发板，提供一种半虚拟化的嵌入式系统仿真实训场景（以下简称半虚拟场景），其组成如图 2 所示。其中，部件 6 是虚拟应用场景软件及其运行设备，用于代替图 1 中的 3-5 部分。虚拟应用场景软件能够获取由虚拟场景接口板传送过来的数据，根据这些数据，利用软

件模拟演示实际设备(即虚拟设备)相应的运行效果;并将虚拟设备运行过程中必要的数 据, 回传给虚拟场景接口板。虚拟应用场景软件的运行设备可以是任何可以运行虚拟应用场 景软件并进行虚拟效果展示的设备, 如 PC, 平板电脑、笔记本、手机、嵌入式系统设备等。部 件 7 是指部件 6 和部件 8 之间的通讯方式。该通讯方式既可以是基于通用异步串行通讯接口 协议的通讯方式, 包括 RS232、RS485、蓝牙、红外、ZigBee, 也可以是基于 TCP/IP 通讯协 议的物理通讯接口, 包括有线以太网通讯接口、无线 Wifi 通讯接口。部件 8 是虚拟场景接 口板, 用于接收或输出数字信号或模拟信号, 与图 1 中的部件 2 进行匹配连接。

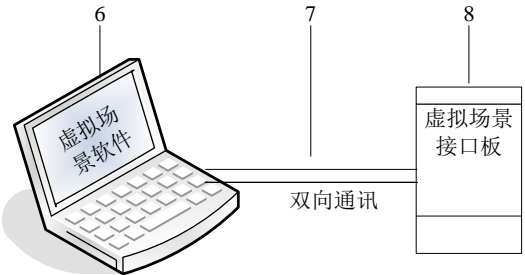


图 2 半虚拟化嵌入式仿真实训场景组成

本半虚拟场景通过保留嵌入式系统实验中实际开发环境, 方便学生的开发, 只将实际应 用场景虚拟化, 解决了目前大部分实验或实训系统存在的缺点。

本半虚拟场景能够保证学生在实际的编程环境下对实验程序进行开发、调试, 而对于实 验程序完成后的应用环境则是虚拟、可共享、可重用、可扩展的。这有利于锻炼学生实 际开发的能力; 降低实验建设、维护成本; 由于应用环境是虚拟的, 具有较高的可扩展性, 可以进一步结合实际的产品项目, 将这些项目的应用环境虚拟化, 就可以打造与实际产品项 目一致的升级的、新的实训平台; 学生甚至可以带着便携的嵌入式系统开发板、虚拟场景接 口板及虚拟应用场景软件, 回宿舍研究, 学习时间、场所并不被禁锢在上课时间和实验室内。

基于板虚拟场景的完整开发系统如图 3 所示, 包括了虚拟应用场景软件及其运行设备 (部件 6)、虚拟场景接口板 (部件 8)、嵌入式系统开发板 (部件 10)、嵌入式系统交叉开 发环境 (部件 12) 以及通讯连线 (部件 7、9、11)。其中, 可以使用嵌入式系统交叉开发环 境, 在实际的编程环境中对嵌入式系统实验程序进行开发; 将完成的实验程序, 写入嵌入 式系统开发板中进行运行; 运行过程中, 产生的数字、模拟信号由虚拟场景接口板进行接收, 并将这些数据传送给虚拟应用场景软件运行设备; 虚拟应用场景软件根据获得的数 据, 虚拟演示设备相应的运行效果, 并将设备运行过程中必要的数 据, 回传给虚拟场景接口板; 虚拟场景接口板将获得的数 据, 转换为相应的数字信号、模拟信号回传给嵌入式系统开发板, 以 支持其模拟在实际应用环境下的运行。

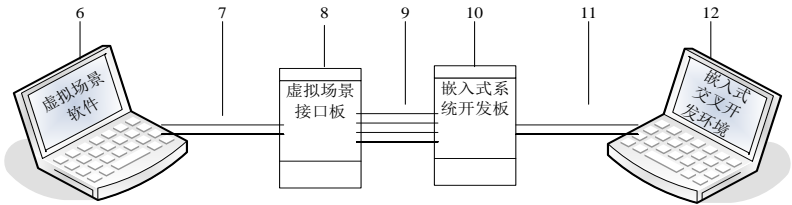


图 3 基于半虚拟化嵌入式仿真实训场景的开发系统组成

## 2.2 二自由度自动进样器仿真实训场景

### 虚拟场景接口板的信号定义

主辅电机的步数分辨率为 400 步/周

P1 口：输入口，连接虚拟软件中的控制引脚

P1.0：转盘电机 Pulse 信号

P1.1：转盘电机 Dir

P1.2：针臂电机 Pulse

P1.3：针臂电机 Dir

P0 口：输出口，连接虚拟软件中的传感器信号

P0.0：霍尔传感器信号，平时为高电平，有效时为低电平

P0.1：针臂上限位信号

P0.2：针臂下限位信号

## 第 3 章 实训项目---自动进样器

### 3.1 自动进样器工作原理

随着科研和生产技术的不断发展,优良实验室的规范已经确立,人们对分析测试的要求在样品数量、分析周期、数据准确性、降低工作成本和提高工作效率等方面都提出了更高的标准和要求。传统的色谱分析过程中手动取样和进样操作方式,人为因素所造成的各种误差以及劳动强度大和效率低下的操作模式,尤其是在常规批量分析和工业工艺流程分析中,已成为现代分析过程中的一大障碍。液体自动进样器以连续自动进样、快速和准确分析、无人值守、提高工作效率和降低操作费用为基本特征的优势已经显现。



图 3-1 配备自动进样器的色谱分析系统

如图 3-1 所示,是某公司的色谱分析系统。该系统由 PC 机、色谱仪和自动进样器三部分组成。右侧的自动进样器代替了原来的手工进样,整套装置可连续自动工作,大大提高了分析效率。

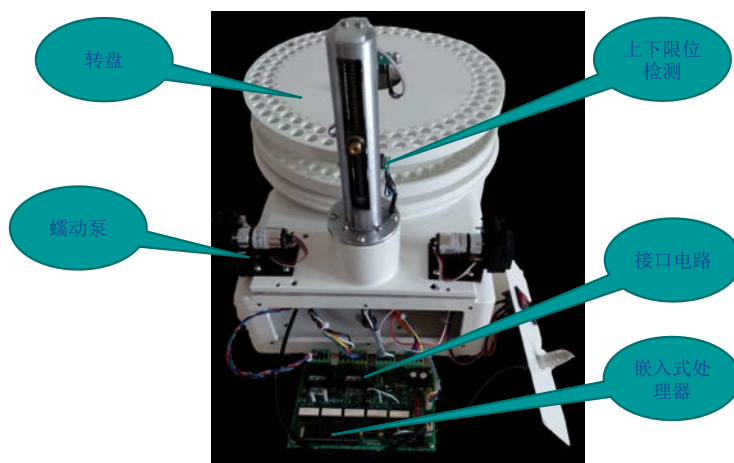


图 3-2 自动进样器结构图

该自动进样器由转盘、针臂、蠕动泵、控制器等组成。其中,转盘上由单排或双排放置试管的插孔,装有待分析样品的试管可按顺序插到转盘的插孔中。转盘由步进电机驱动,可顺时针或逆时针转动。

针臂上安装了进样针,进样针的针头可随针臂上下移动,从而可以插入试管中,用于抽取液体样品。针臂也是由步进电机驱动的。进样针的尾部连接细软管,经过蠕动泵,与色谱仪的进样通道连接。蠕动泵转动,可以抽吸管内的液体,注射进色谱仪。



当色谱仪分析完样品后，通过通讯接口想进样器发布命令，让自动进样器抬针，转至下一个试管的位置，抽取下一份样品。

### 3.2 自动进样器的控制要求

现要求设计该自动进样器的控制系统，实现如下功能：

- (1) 转盘可根据色谱仪的命令要求，转动到指定位置；
- (2) 针头可上下移动；
- (3) 控制蠕动泵单方向转动，用于进样；
- (4) 与色谱仪进行通讯，可接收命令，也可以反馈进样器的状态；
- (5) 具备针头清洗功能

### 3.3 需求分析

需求分析是系统定义阶段最为重要的一步。该步骤主要完成设计要求的详细分析，以确保对每项要求的理解准确。

根据 3.2 的设计要求，我们可以 UML 画出如下用例图进行分析：

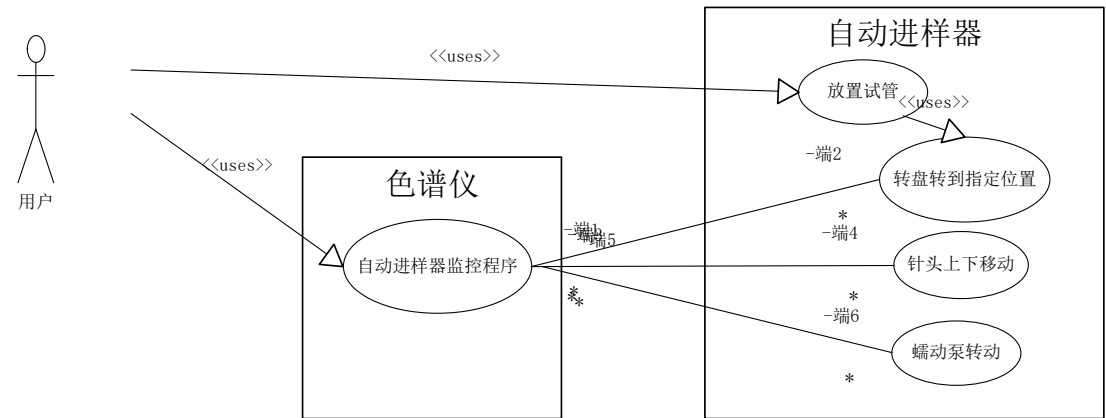


图 3-3 设计用例图

用户通过色谱仪的控制面板（图 3-4）来操作自动进样器。色谱仪上的自动进样器监控程序利用 RS232 或 RS485 通讯接口与自动进样器连接。进样器的每一个动作，包括转盘转至初始位置、转到指定位置、下一步、抬针、落针、进样等动作全部由该监控程序发出，进样器执行。因此，自动进样器是完全被动工作的，是由色谱仪的通讯命令驱动的。各动作是分开独立进行的，不会同时执行。动作顺序由色谱仪通过命令进行发送，自动进样器只需要执行每一条命令即可。

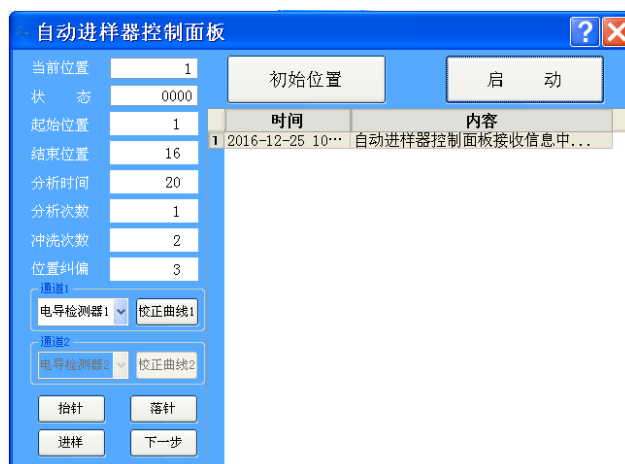


图 3-4 色谱仪的自动进样器控制面板

(1) 下面针对“转盘转到指定位置”这个用例进行详细分析：

首先，该功能是指给定的瓶号试管转到针臂的正下方。因此系统需要知道目前针臂下的瓶号是多少。如何获知瓶号位置信息呢？如图 3-5 所示，霍尔传感器用于检测 1 号瓶的位置。在转盘 1 号瓶的底部安装了一块磁铁，在针臂的正下方，固定基座上安装了霍尔传感器。当 1 号瓶转至针臂下方时，其底部的磁铁靠近霍尔传感器，从而使得霍尔传感器发出的信号发生变化，从低电平变为高电平。当 1 号瓶位置远离霍尔传感器时，传感器信号又恢复为低电平。提示：由于霍尔传感器的灵敏度不一致，当传感器信号变为高电平时，1 号瓶位置不一定对准针头位置，需要加入纠偏量进行调整。

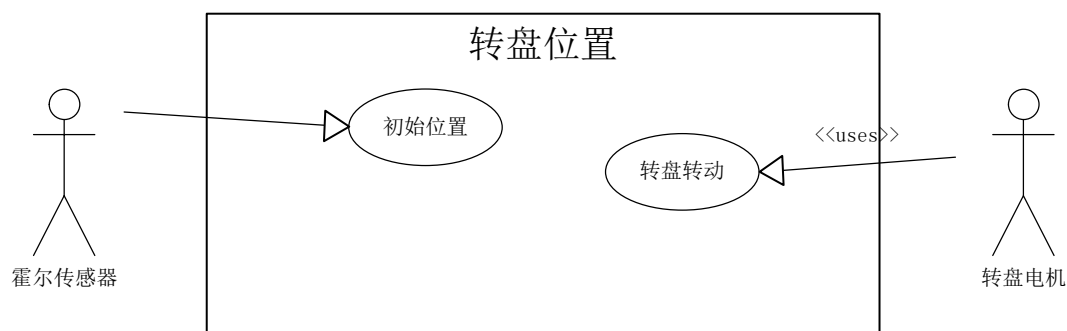


图 3-5 转盘位置确定方法

瓶号定位方法：确定好 1 号瓶的位置后，其它瓶号的位置通过步进电机转动的步数进行计算获得。当 1 号瓶转至针头下方时，电机步数计数器清零。因为转盘转动一圈需要电机转动的步数是固定的。如步进电机的精度为 400S/r，这是指电机转动一圈需要 400 步。转盘上等间距排列 50 个试管插孔，这样两个瓶号之间的间距为  $400/50 = 8$  步，即电机每走 8 步，转盘就可以转至下一个瓶子的位置。因此，只要从 1 号瓶开始，计数电机走过的步数，就可以知道目前针头下方的瓶号了。

(2) 针头的上下移动

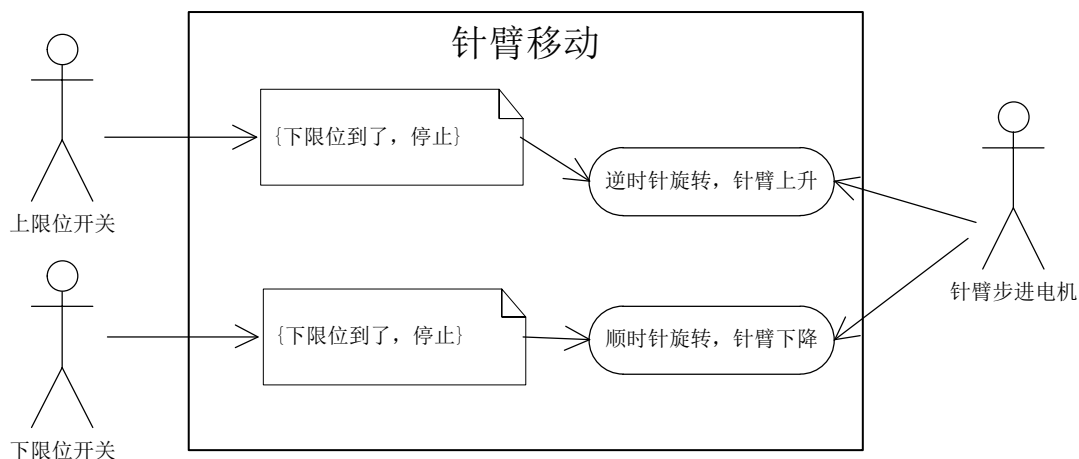


图 3-6 针臂上下移动用例图

针臂上下移动是通过步进电机的正反转控制实现的。当针臂转动到上限位或下限位时，碰触相应的开关，发出高电平信号作为指示。这是，应停止直步进电机的动作。由于针臂是通过丝杠传动的，电机转动一周，针臂移动的距离是丝杠的间距。因此，该电机的转动速度要快一些，具体要求是 10s 左右从上限位移动到下限位。

### (3) 通讯功能

色谱仪与自动进样器之间通过数据通信进行联系。通信主要完成以下功能：

色谱仪获取自动进样器的状态：包括自动进样电机的运转状态、霍尔传感器、限位开关的状态、当前瓶号。

色谱仪控制自动进样器的动作：包括转盘转动（寻找初始位置、转至指定位置）、针臂上下移动、进样。各动作是分开独立进行的，相互之间不会同时进行。动作顺序由色谱仪通过命令进行发送，自动进样器只需要执行每一条命令即可。

## 3.4 总体设计

经过需求分析，发现进样器控制系统需要控制转盘电机、针臂电机和蠕动泵三个执行器，需要接收霍尔传感器、上下限位开关共三个开关信号，需要与色谱仪实现串口通讯。

因此，硬件部分采用单片机+接口驱动部件；软件采用 C51 进行裸机编程开发。

### 3.4.1 硬件设计

该系统的信号均为开关量信号。其中，步进电机的驱动可以采用专用的步进电机驱动器，比较简单的驱动器只需要步进脉冲、转动方向两个控制信号即可。虚拟仿真软件已经将步进电机控制器包含进去了，只需要单片机提供两个 I/O 引脚，与虚拟接口卡的电机脉冲信号和电机方向信号相连接即可。传感器及上下限位信号就是符合 TTL 电平的输入信号，可直接与单片机相连接。

表 3-1 控制系统的输入输出信号一览表

信号名称	作用描述	方向	备注
主电机步进脉冲信号	控制步进电机转动的脉冲信号	输出	送给步进电机控制器
主电机方向信号	控制步进电机转动的	输出	送给步进电机控制器

	方向		
针臂电机步进脉冲信号	控制针臂电机转动的脉冲信号	输出	送给步进电机控制器
针臂电机方向信号	控制针臂电机转动的方向	输出	送给步进电机控制器
霍尔传感器信号	当 1 号瓶靠近针臂位置时，霍尔传感器的输出信号	输入	低电平有效
上限位信号	当针臂移动至上限位时，该信号有效	输入	低电平有效
下限位信号	当针臂移动至下限位时，该信号有效	输入	低电平有效
UART 通讯接口	实现上位机与自动进样器的通讯	I/O	需要转换为 RS232 或 RS485 标准

### 3.4.2 通讯协议设计

#### (1) 功能说明

青岛普仁仪器有限公司生产的 PAS-X1 型自动进样器匹配非本公司产品使用，必须遵循本产品电气控制相关规定和协议，实现自动进样或清洗流路功能。

#### (2) 电气连接

1. 需符合规定的~220v 稳定电源。
2. 通讯接口为符合 RS485 电气规定的通讯接口。

#### (3) 流路连接

1. 取样针后向开发，可连接其它系统流路。
2. 管路为聚四氟乙烯管，内径：0.5mm 外径：1.5mm

#### (4) 设置及控制协议

串行端口：baud1200, N, 8, 1

协议格式：

注意：

A. 数据格式为 16 进制；

B. 当第 4-6 字节出现数据 02 或 03 或 10 时，应先发送 10，再发送 本字节+40 后的值。

<1>样品盘初始位置纠正：

发送： 02 09 14 00 XX 00 03

返回： 02 89 14 00 XX 00 03

说明：XX 表示需要纠正的电机步数，为单字节有符号二进制数，正数表示检测到位置信号后，继续前进的步数；负数表示需要后退的步数。该命令只用来设置参数，不产生实际动作。

<2>样品盘转到初始位置：

发送： 02 09 13 00 00 00 03

返回: 02 89 13 00 00 00 03

说明: 该命令让样品盘的 1 号瓶对准针头。需要将纠偏位置考虑进来。

<3>转盘转到下一个样品瓶位置

发送: 02 09 15 DIR 00 00 03

返回: 02 89 15 DIR 00 00 03

说明: DIR: Bit7 为运转方向: =0 顺时针, =1 逆时针

例: 02 09 15 80 00 00 03 逆时针下一位

02 09 15 00 00 00 03 顺时针下一位

<4> 针头上升/下降:

发送: 02 09 22 HH LL 00 03

返回: 02 89 22 HH LL 00 03

说明: HH LL 是 2 字节有符号的 16 位二进制数, 表示电机转动的步数。正数则电机顺时针转动, 针头下降; 负数则针头上升。电机转动 1 圈需要 400 步, 带动针头移动的丝杠行程为 2mm 左右, 针头移动的最大距离约为 8cm。针头的上下位置有限位传感器, 在针头上升或下降过程中, 应随时检测对应的限位信号。

<5>获取样设备当前状态:

发送: 02 01 01 00 08 00 03

返回: 02 81 01 BP MS 00 03

说明:

BP: Bit0-5: 位置号, Bit6=1: 辅电机到达顶点位置, Bit7: 主转盘到达 1 号样品瓶位置。

MS: 电机状态, Bit0: 转盘电机状态 (运转 1/停止 0)

Bit1: 针头电机状态 (运转 1/停止 0)

Bit2: 保留

Bit3: 转盘运转初始化标志 (=1: 正在运转)

Bit4-6: 保留

Bit7: 任何一个电机在动作。

注意: 该命令一般由主机 1 秒发送一次, 用于查询当前状态。

<6>获取总位置数和当前位置数:

发送: 02 01 15 00 08 00 03

返回: 02 81 15 BN BP LRC 03

说明:

BN: 样品瓶数量 50 或 100

BP: 当前针头位置。只有经过初始位置判断之后, 该位置才是正确的。位置号从 0 开始编号, 至 BN-1。

注意: 该命令是命令 5 的补充。如果只需要知道当前位置号时, 可以使用该命令。

## 3.5 详细设计

### 3.5.1 主转盘电机的转动控制

#### (1) 硬件连线

主转盘电机采用步进电机，电机驱动器实现了电机脉冲控制及方向控制。转动脉冲信号线接至虚拟接口板的 P10；方向控制信号接至 P11。

开发板使用 P20 引脚产生电机转动脉冲；P21 引脚控制电机的方向。将开发板与虚拟接口板对接，如下图所示：

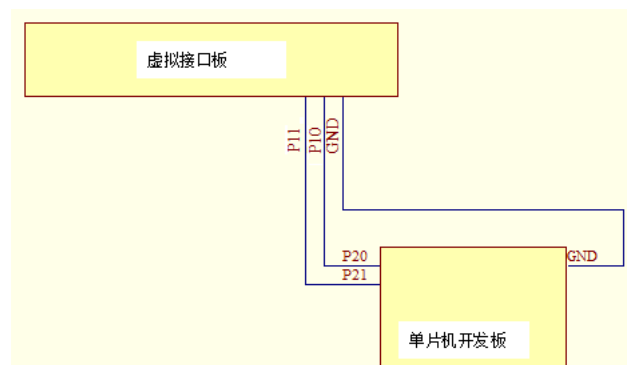


图 3-7 转盘电机控制信号接线图

将虚拟接口板与 PC 机通过 USB 线进行连接，运行仿真软件 AutoSampler。

#### (2) 软件设计

步进电机每接收到一个脉冲，就转动 1 个固定角度。根据步进电机转动精度不同，可分为 100-800 步/圈不等。自动进样器采用 400 步/圈，即每转动一步，其转过的角度为 0.9 度。

要让步进电机连续转动，就需要按一定频率发送脉冲。脉冲频率越高，电机转动越快，反之亦然。如果频率过高，电机的响应速度不够，则电机不会转动；如果频率过低，电机转动会出现走走停停、有顿挫感。

利用单片机的定时中断实现脉冲发送，可以比较精准地控制脉冲的频率。如下面的定时中断程序，实现 1ms 的定时中断：

```
#include <STC89C5xRC.h>
bit PFlag=0; //脉冲高低电平标志
char tcount=0; //计时计数器，控制脉冲频率
char M1SPEED=20; //电机转动速度设定值
void timer0() interrupt 1
{
    TH0=0xfc;
    TL0=0x18; //0xfc18=64536+1000=65536, 1ms under 12MHz
    TR0=1; //Start timer1 to generate BAUD rate pulse

    if(++tcount>M1SPEED) //高电平维持 20ms，低电平维持 20ms，每个脉冲共 40ms
    {
        tcount = 0;
        PFlag = ~PFlag;
    }
}
```

```

        P20 = PFlag;    //通过 P20 引脚发送脉冲信号
    }
}

```

通过修改 M1SPEED 的数值，就可以控制电机的速度：

```

void SetM1(char speed,bit dir)
{
    M1SPEED = speed;
    P21 = dir;
}

```

主程序完成定时器的初始化及电机的设置

```

main()
{
    TMOD=0x1; /*--T1:Mode 2;T0:Mode 1*/
    TH0=0xfc;
    TL0=0x18; //0xfc18=64536+1000=65536,1ms under 12MHz
    IE = 0x82;
    TR0=1; //Start timer1 to generate BAUD rate pulse
    SetM1(20,0);
    while(1);
}

```

下载运行该程序，观察虚拟软件中的自动进样器，其主转盘将以固定速度顺时针转动。

## 3.5.2 主转盘的定位

**初始位置检测：**主转盘 1 号瓶的下面埋设一块圆形磁铁。在主转盘下面的固定底座上，靠近针架的位置安装了霍尔传感器。当磁铁靠近霍尔传感器时，传感器将通过电磁感应，输出低电平信号；当磁铁远离传感器时，传感器输出信号为高电平。传感器的输出信号接至虚拟接口板的 P0.0 引脚。

**位置纠偏：**由于霍尔传感器灵敏度及磁铁磁性强弱不同，传感器输出信号时的两者接近距离会有所不同。即当检测到传感器输出信号由高变低时，1 号瓶与针头还有一定的距离。程序需要提供位置纠偏的功能，即让电机再多走 n 步，使得 1 号瓶对准针头。n 需要用户进行设定。

功能实现：转盘转至指定位置。

实现方法：

（1）硬件连线：在 3.5.1 的基础上，将霍尔传感器的信号（虚拟接口板的 P0.0）与开发板的 P3.0 用杜邦线连接起来。

（2）编程思路：在转盘转动的过程中，不断检测 P30 引脚。当该引脚变为低电平时，说明 1 号瓶距离针头位置还有 n 步。继续驱动电机走 n 步，1 号瓶处于针头下方。这时设置电机步数计数器 SCount=0；SCount 用于计数电机走过的步数。当前瓶号=SCount/8。

当系统没有初始化之前，我们无法确定瓶号。当检测到霍尔传感器信号时，就可以确定

1 号瓶的位置了。因此，需要在开机之后有一个初始化的过程，用于将 1 号瓶转到针头下方。

首先实现转盘转动一定步数后停止的功能：

3.5.1 的程序实现了转盘的转动，在定时中断内按照指定的速率发送脉冲。修改定时中断程序，设置让电机走的脉冲步数 MSteps，走完 MSteps 之后，停止转动。

```
Int MPCount=0;
Int MSteps=800;
void timer0() interrupt 1
{
    TH0=0xfc;
    TL0=0x18;//0xfc18=64536+1000=65536,1ms under 12MHz
    TR0=1; //Start timer1 to generate BAUD rate pulse

    if(++tcount>M1SPEED)//高电平维持 20ms，低电平维持 20ms，每个脉冲共 40ms
    {
        tcount = 0;
        if(MSteps) //转动步数不为 0，继续转动
        {
            MSteps--;
            PFlag = ~PFlag;
            P20 = PFlag; //通过 P20 引脚发送脉冲信号
        }
    }
}
```

### 3.5.3 针臂的上下移动与限位

针臂电机的控制引脚在虚拟接口卡的 P12（电机脉冲）和 P13（电机转动方向）两个引脚上。其控制原理和转盘是一样的。

### 3.5.4 通讯协议的实现

（1）查询方式下的串行通讯

8051 单片机内部集成了 1 路 UART 接口，用于实现串行通讯。如果可以实现自定义波特率的串行通讯，需要使用定时器 1 来产生波特率。

<1>首先，设置定时器 1 的工作模式及初始值

TMOD	0	0	0	0	0	0	0	0	Value after reset
	GATE1	C/T1	T1M1	T1M0	GATE0	C/T0	T0M1	T0M0	Bit name
	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	

TMOD = 0x21; /\*--T1:Mode 2;T0:Mode 1\*/

/\*Baud Rate=(T1 overflow rate)\* 2<sup>SMOD</sup>/32

T1 overflow rate=(fosc/12)/(256-TH1)

So if Baud rate is 1200bps, TH1 will be(fosc=11.0592MHz)



```

256-TH1=(11059200/12)/(1200*32)
TH1=232=E8(Hex)
*/
TH1=0xe8;//0xfd;
TL1=0xe8;//1200bps//0xfd;//*9600bps*/
TR1=1; //Start timer1 to generate BAUD rate pulse

```

<2>设置串行通讯格式:

SCON								Value after reset
0	0	0	0	0	0	0	0	
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	Bit name
bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	

```
SCON = 0x50; //Mode 1, T1=baud, REN=1
```

<3>实现数据的收发

数据接收与发送是通过读写 SBUF 寄存器实现的。接收标志位是 RI，发送结束标志位是 TI。

下面的程序通过串口不断发送 0~9

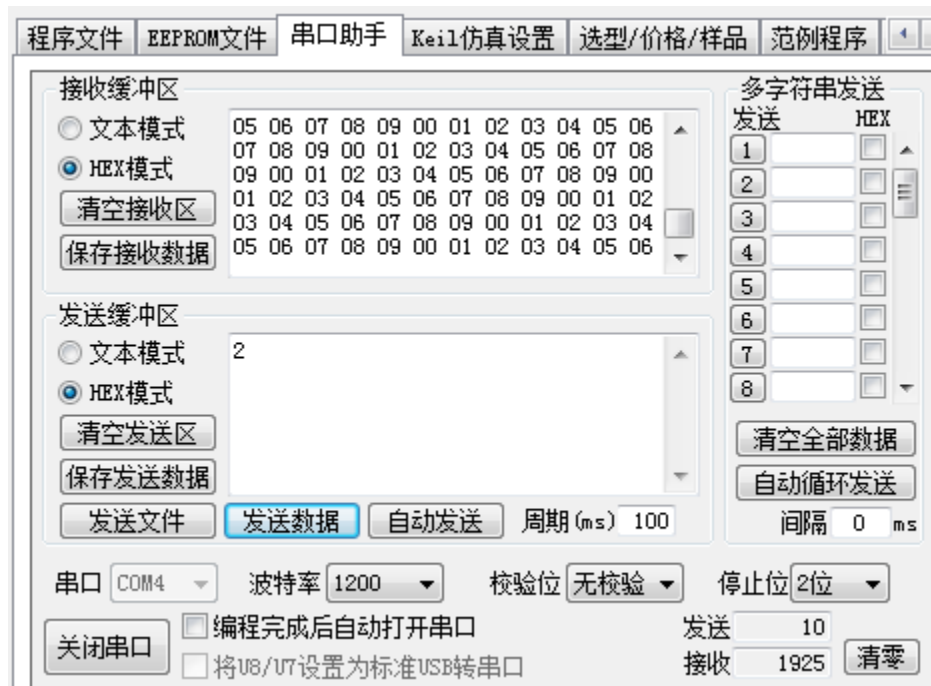
```

main()
{char i;
  SCON = 0x50; //Mode 1, T1=baud, REN=1
  TMOD = 0x21; /*--T1:Mode 2;T0:Mode 1*/
  TH1=0xe6;//
  TL1=0xe6;//1200bps under 12MHz*/
  TR1=1; //Start timer1 to generate BAUD rate pulse
  TI=1;
  while(1)
  {
    for(i=0;i<10;i++)
    {
      while(TI==0); //等待上次数据发送完毕
      TI=0;
      SBUF = i;    //发送 i
    }
  }
}

```

程序运行结果观察:

在 PC 机上，使用下载工具中的串口助手，选择正确的串口及通讯速率，打开串口，选择 16 进制模式，就可以看到单片机发送过来的数字。如下图:



## (2) 实现双向通讯

修改串口通讯程序，将接收的字符回送给对方。

while(1)

```
{
    if(RI) /*接收到字符*/
    {
        i=SBUF;
        RI=0;
        TI=0;
        SBUF=i;
        while(TI==0); /*等待发送完毕*/
    }
}
```

## (3) 通讯协议的处理

通讯协议的处理包括协议包的接收与协议包的解析两大部分。协议包的接收框图为：

### **3.5.5 远程控制及调试**

### **3.5.6 整机功能实现**

### **3.5.7 容错及可靠性设计**

### 3.5.8 验收标准

阶段	功能	描述	得分
初级阶段 (最高可得60分, 2-5功能可任选两项)	(1)转盘转动	利用单片机控制自动进样器的主转盘匀速转动, 速度可通过修改程序进行调整。	40
	(2)转动指定步数	可让主转盘转动指定步数, 然后停止。	10
	(3)转盘初始化	转盘转至1号瓶位置, 然后停止	10
	(4)针臂移动	针臂可上下移动	10
	(5)针臂移动限位	针臂移动到上下限位, 自动停止	10
初级进阶	顺序动作	将上述功能按一定合理的顺序连续动作	0-20
中级阶段	(6)通讯功能	通过发送0-4, 控制各种动作	0-20
中级进阶	(7)通讯协议实现	实现完整的通讯协议	0-20
高级阶段	(8)创新功能	比原有功能更为先进	0-20