

# 第一章 硬件介绍及注意事项

## 一、实验设备的基本组成

计算机控制系统主要由计算机、AD/DA 采集卡、模拟实验箱、打印机（可选）组成如图 1。其中计算机根据不同的实验分别起信号产生、测量、显示、系统控制和数据处理的作用，实验箱主要构成被控对象。

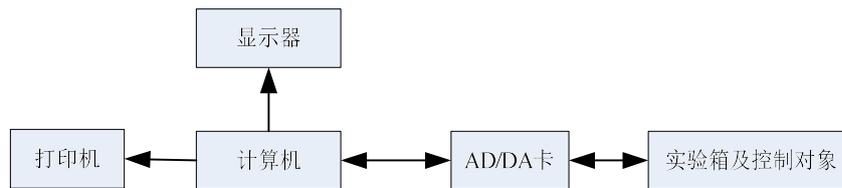


图 1 实验系统构成

## 二、硬件连接

- 1、通过 USB 接口将计算机与实验模拟箱连接。
- 2、接好实验箱上的连线或被控对象板的其他连线。
- 3、检查是否有错误，然后开机实验。

## 三、对参加实验学生的要求：

- 1、仔细阅读实验指导书，复习与实验相关的理论知识，明确每次实验目的，了解实验内容和方法。
- 2、按实验指导书中的要求进行接线和操作，经检查和实验老师同意后再通电。
- 3、在实验中注意观察，记录有关的数据和图像，并由指导老师复查后才能结束实验。
- 4、实验后应断电，整理实验台，恢复到实验前的状况。
- 5、认真填写实验报告，按规定格式作出图标、曲线、并分析实验结果。
- 6、爱护实验设备，遵守实验是规章制度。

## 第二章 软件使用说明

### 一、软件启动与使用说明

在 Windows 桌面上双击“Cybernation\_C”快捷方式，运行软件，便可启动软件如图 1 所示。



图 1

注意：

在启动实验前检查实验箱后面的 USB 接口是否与计算机的 USB 口连接。

本软件界面共分为三个组画面：

- A、软件说明和实验指导书画面（如图 1 所示）
- B、数据采集现实画面（如图 2 所示）
- C、实验参数设置画面（如图 3 所示）



图 2

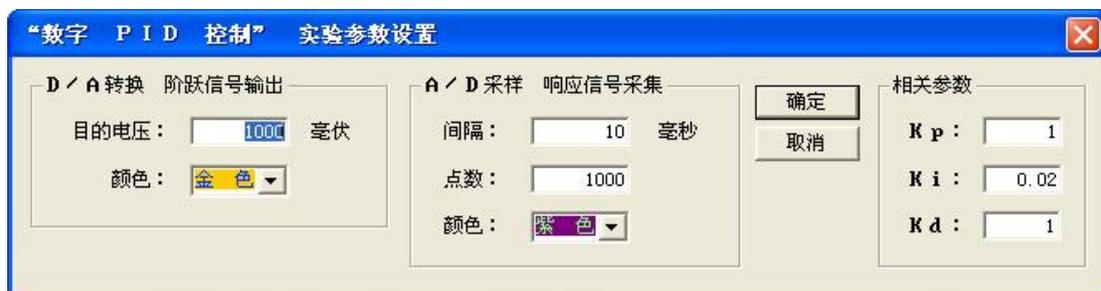


图 3

下面介绍软件具体操作和功能:

☆ 工具栏按钮:

1. [下拉图标] 点击【或按F1】可以选择实验项目作为当前实验项目，系统在指导书窗口显示相应的实验指导书，在实验进行过程中处于禁止状态。
2. [图标] 点击【或按F2】切换回“指导书”窗口。
3. [图标] 点击【或按F3】切换到“示波器”窗口。
4. [图标] 点击【或按F4】切换到“?”窗口。
5. [图标] 点击【或按F5】开始 / 放弃当前实验项目，在没有选择任何实验项目的

时候为禁止状态。

6.  点击【或按F6】弹出“关于”对话框，显示程序信息、版本号和版权信息。

☆ 示波器操作：

1. 测量 在“示波器”窗口单击鼠标右键，在弹出菜单中选择“测量”打开测量游标（重复前述步骤隐藏测量游标），拖动任一游标到感兴趣的位置，图表区下方会显示当前游标的位置和与同类的另一游标之间距离的绝对值。如果想精确定位游标只需用鼠标左键单击相应的游标位置栏并在编辑框中输入合法值回车即可。
2. 快照 在“示波器”窗口单击鼠标右键，在弹出菜单中选择“快照”将当前图像复制到剪贴板，以便粘贴到画图或其他图像编辑软件中编辑和保存。
3. 打印 目前尚不支持。
4. 线型 在“示波器”窗口单击鼠标右键，在弹出菜单中可点击“直线”、“折线”或“点线”来选择数据点和数据点之间的连接方式，体会各种连接方式的差异。
5. 配色 用鼠标左键双击图表区除曲线之外的元素会弹出标准颜色对话框，用户可以更改相应元素的颜色（比如将网格颜色改成与背景相同颜色）。
6. 缩放 用鼠标左键单击图表区刻度区的边界刻度并在编辑框中输入和法值回车即可改变当前显示范围。

## 二、自定义算法

### 1. 自定义算法

计算机控制系统实验中的多个实验算法要自己编写。主程序通过动态链接库的方式来调用自己编写的算法。

源程序位于 Windows 桌面上的 formuladll 文件夹下，双击 formula.dsw 工程文件就会打开 Microsoft Visual Studio 的编译环境，如图 4 所示。

在源程序 Formula.cpp 文件中，每个实验对应其中的一个函数，如图 5 所示。该子函数体下面的算法要自己编写，该子函数返回值为 PID 运算结果。在完成程序算法的编写后，调用 Build - Build Formula.dll 将程序编译成一个动态链接库，将编译后产生的位于 formula\debug 文件夹下的 Formula.dll 文件覆盖在 c:\program files\tech\Cybernation\_C 下的原文件。

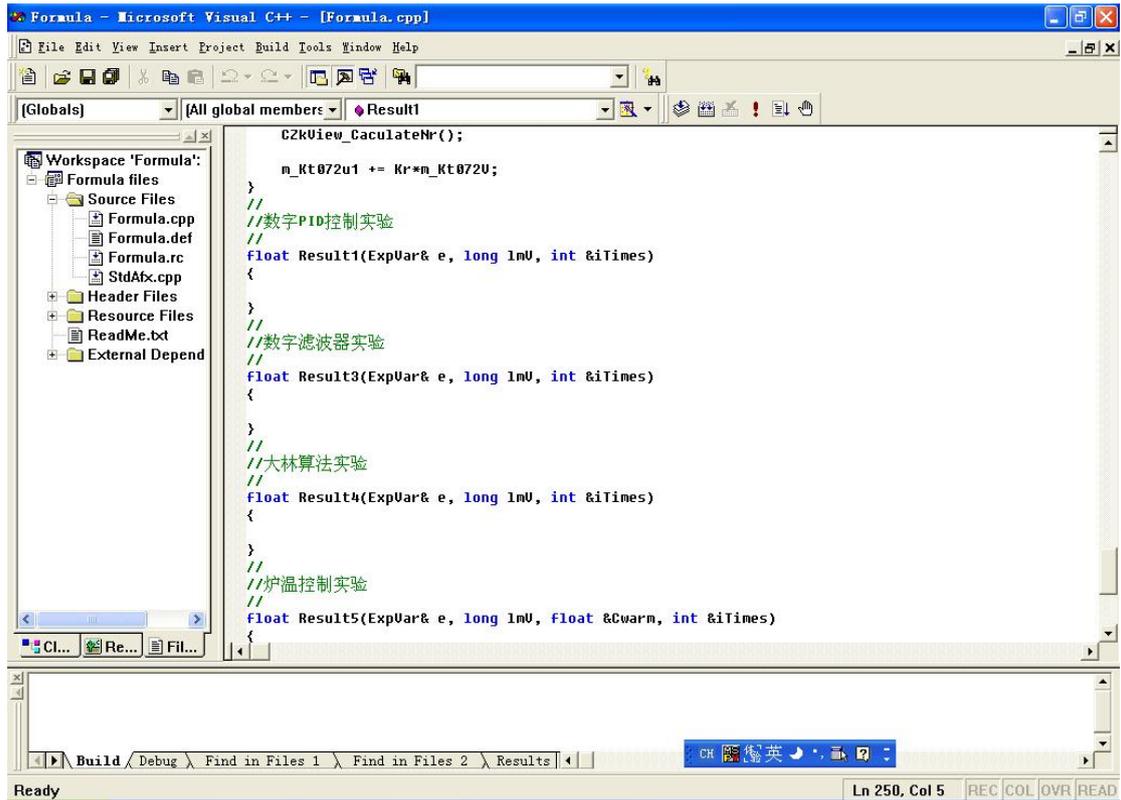


图 4



图 5

## 2、部分变量说明：

Lmv 设定的目标值

iTimes 在首次调用时该值为 0，首次调用后需将该值设为非零。

结构体 ExpVar 中用到的变量：

m\_DA1Amp1 A/D、D/A 卡的 DA1 输出

m\_fKp PID 算法中的 Kp

m\_fKd PID 算法中的 Kd

m\_fKi PID 算法中的 Ki

m\_forest 大林算法中的大林常数  
m\_time 大林算法中的延时周期数  
m\_ADInterval/1000.0 采样周期  
m\_speed 电机调速实验中的设定值

## 实验一 D/A 数模转换实验

### 一、实验目的：

1. 掌握数模转换的基本原理。
2. 熟悉 10 位 D/A 转换的方法。

### 二、实验内容

通过 A/D&D/A 卡完成 10 位 D/A 转换的实验，在这里采用双极性模拟量输出，数字量输入范围为：0~1024，模拟量输出范围为：-5V~+5V。

### 三、实验步骤

1. 连接 A/D、D/A 卡的 DA 输出通道和 AD 采集通道。A/D、D/A 卡的 DA1 输出接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
2. 双击桌面快捷“Cybernation\_C”快捷方式，运行软件。
3. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常则继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
4. 在实验项目的下拉列表中选择实验一[D/A 数模转换实验]，鼠标单击按钮，弹出实验课题参数设置对话框。
5. 在参数设置对话框中设置相应的实验参数后，在下面的文字框内将算出变换后的模拟量。
6. 点击确定，在现实窗口观测采集到的模拟量，并记录数据。

### 四、实验报告

- 1、记录数字量与模拟量的对应曲线图，记录数据。

2. 推导转换公式，将其与实验结果相比，分析产生误差的原因。

## 实验二 A/D 模数转换实验

### 一、实验目的：

1. 掌握模数转换的基本原理。
2. 熟悉 10 位 A/D 转换的方法。

### 二、实验内容

通过 A/D&D/A 卡完成 10 位 D/A 转换的实验，在这里采用双极性模拟量输出，模拟量输入范围为： $-5V\sim+5V$ ，数字量输出范围为： $0\sim1024$ 。

### 三、实验步骤

1. 连接 A/D、D/A 卡的 DA 输出通道和 AD 采集通道。A/D、D/A 卡的 DA1 输出接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
2. 双击桌面快捷“Cybernation\_C”快捷方式，运行软件。
3. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常则继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
4. 在实验项目的下拉列表中选择实验二[A/D 模数转换实验]，鼠标单击  按钮，弹出实验课题参数设置对话框。
5. 在弹出的参数窗口中填入想要变换的模拟量，点击变换，在下面的文字框内将算出变换后的数字量。
6. 点击确定，在现实窗口观测采集到的模拟量，并记录数据。

### 四、实验报告

1. 记录模拟量与数字量的对应曲线图，记录数据。
2. 推导转换公式，将其与实验结果相比，分析产生误差的原因。

## 实验三 数字 PID 控制

### 一、实验目的：

1. 研究 PID 控制器的参数对系统稳定性及过渡过程的影响。
2. 研究采样周期  $T$  对系统特性的影响。
2. 研究 I 型系统及系统的稳定误差。

### 二、实验内容

1. 系统结构图如图 3-1 所示。

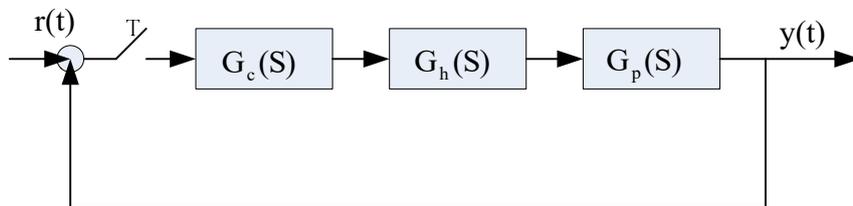


图 3-1 系统结构图

图中：
$$G_c(S) = K_p \left( 1 + \frac{K_i}{S} + K_d S \right)$$

$$G_h(S) = \frac{1 - e^{-TS}}{S}$$

$$G_{p1}(S) = \frac{5}{(0.5S + 1)(0.1S + 1)}$$

$$G_{p2}(S) = \frac{5}{S(0.1S + 1)}$$

2. 开环系统（被控制对象）的模拟电路图如图 3-2 和图 3-3，其中图 3-2 对应  $G_{p1}(S)$ ，图 3-3 对应  $G_{p2}(S)$ 。

3. 被控对象  $G_{p1}(S)$  为“0 型”系统，采用 PI 控制或 PID 控制，可使系统变为“I 型”系统。被控对象  $G_{p1}(S)$  为“I 型”系统，采用 PI 控制或 PID 控制，可使系统变为“II 型”系统。

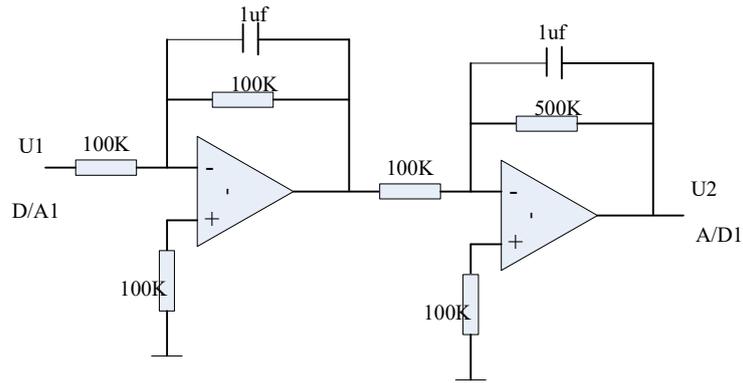


图 3-2 开环系统结构图 1

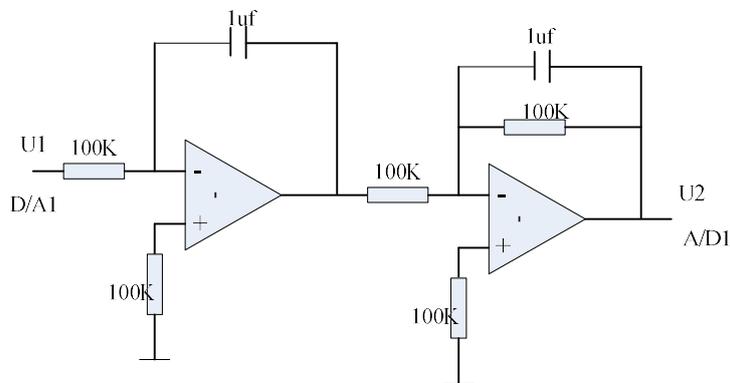


图 3-3 开环系统结构图 2

#### 4. PID 递推算法:

如果 PID 调节器输入信号为  $e(k)$ , 其输出信号为  $u(k)$ , 则离散的递推算法如下:

$$u(k) = K_p e_k + K_i e_{k2} + K_d (e_k - e_{k-1})$$

其中,  $e_{k2}$  是误差累积和。

### 三、实验步骤

1. 连接被测量典型环节的模拟电路 (图 3-2)。电路的输入  $U1$  接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出, 电路输出  $U2$  接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
2. 双击桌面快捷 “Cybernation\_C” 快捷方式, 运行软件。
3. 测试计算机与实验箱的通信是否正常, 通信正常则继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

4. 在 VC6.0 的环境下编辑算法，编译动态链接库，覆盖原来的文件 Formula.dll。
5. 在实验项目的下拉列表中选择实验三[数字 PID 实验]，鼠标单击  按钮，弹出实验课题参数设置对话框。
6. 设定电压、 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  等参数，参数设定完成点击确认后观察响应曲线。改变  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  参数，观察响应曲线，最终取满意的参数，观察有无稳态误差。

#### 四、实验报告

1. 保存自己编写的源程序代码。
2. 记录在不同的  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  参数下对应的响应曲线图。
3. 定性分析  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  参数对控制系统的影响。

## 实验四 电机调速试验

### 一、实验目的：

1. 了解直流电机调速系统的特点。
2. 研究采样周期  $T$  对系统特性的影响。
3. 研究电机调速系统 PID 控制器的参数整定方法。

### 二、实验内容

1. 系统结构图如图 3-1 所示。

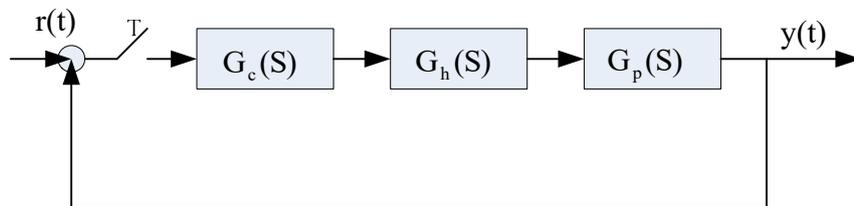


图 3-1 系统结构图

图中：
$$G_c(S) = K_p \left( 1 + \frac{K_i}{S} + K_d S \right)$$

$$G_h(S) = \frac{1 - e^{-TS}}{S}$$

$$G_p(S) = \frac{1}{(Ts + 1)}$$

### 2. 系统的基本工作原理

整个电机调速系统由两大部分组成，第一部分由计算机和 A/D&D/A 卡组成，主要完成速度采集、PID 运算、产生控制电压，第二部分由传感器信号整形，控制电压功率放大等组成。电机速度控制的基本原理是：通过 D/A 输出  $-2.5 \sim +2.5\text{v}$  的电压控制 7812 的输出，以达到控制直流电机电枢电压的目的，速度采集由一对霍尔器件完成，输出脉冲信号的间隔反映了电机的转速。

### 3. PID 递推算法：

如果 PID 调节器输入信号为  $e(k)$ ，其输出信号为  $u(k)$ ，则离散的递推算法如下：

$$u(k) = K_p e_k + K_i e_{k2} + K_d (e_k - e_{k-1})$$

其中， $e_{k2}$  是误差累积和。

### 三、实验步骤

1. 用 20 芯的扁平电缆连接试验箱与转速电机对象。检查无误后接通电源。
2. 双击桌面快捷“Cybernation\_C”快捷方式，运行软件。
3. 测试计算机与试验箱的通信是否正常，通信正常则继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
4. 在 VC6.0 的环境下编辑算法，编译动态链接库，覆盖原来的文件 Formula.dll。
5. 在实验项目的下拉列表中选择实验八[电机调速]，鼠标单击  按钮，弹出实验课题参数设置对话框。
6. 设定电压、 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  等参数，参数设定完成点击确认后观察响应曲线。改变  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  参数，观察响应曲线，最终取满意的参数，观察有无稳态误差。

### 四、实验报告

1. 保存自己编写的源程序代码。
2. 记录在不同的  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  参数下对应的响应曲线图。
3. 定性分析  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  参数对控制系统的影响。

## 实验五 步进电机控制试验

### 一、实验目的：

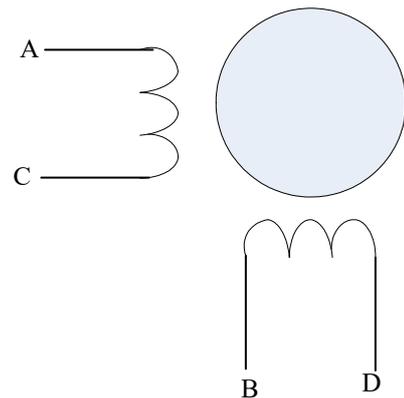
1. 了解步进电机的工作原理。
2. 掌握步进电机的驱动及编程方法。

### 二、实验内容

步进电机多为永磁感应式，有两相、四相、六相等多种，实验所用电机为两相四拍式，通过对每项线圈中的电流的顺序切换来使电机做步进式旋转，驱动电路由脉冲信号来控制，所以调节脉冲信号的频率便可改变步进电机的转速。

如下图所示，每相电流为 0.2A，相电压为 5V，两相四拍通电顺序如下：

相 顺序	A	B	C	D
0	1	1	0	0
1	0	1	1	0
2	0	0	1	1
3	1	0	0	1



步进电机是一种电脉冲转换为角位移的执行机构。当步进驱动器收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（称为“步距角”），它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。可以通过控制脉冲个数来控制角位移，从而达到准确定位的目的。通过设定脉冲数来使步进电机转过一定的角度，实验用步进电机是每脉冲对应 1.8 度。

### 三、实验步骤

1. 用 20 芯的扁平电缆连接试验箱与步进电机对象。检查无误后接通电源。
2. 双击桌面快捷“Cybernation\_C”快捷方式，运行软件。
3. 测试计算机与试验箱的通信是否正常，通信正常则继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

4. 在实验项目的下拉列表中选择实验九[步进电机]，鼠标单击按钮，弹出实验课题参数设置对话框，在参数设置窗口设置起点坐标、终点坐标值。点击确认观察指针的旋转方向和旋转个数是否和设置值一致。

#### 四、实验报告

1. 说明步进电机的工作原理。
2. 分析实际转动步数出现误差的原因。

## 实验六 大林算法（选做）

### 一、实验目的：

1. 掌握大林算法的特点及适用范围。
2. 了解大林算法中时间常数 T 对系统的影响。

### 二、实验内容

#### 1、实验被控对象的构成

##### (1) 惯性环节的仿真电路及传递函数

$$G(s) = -\frac{2}{(T_1s + 1)}$$

$$T_1 = 0.2$$

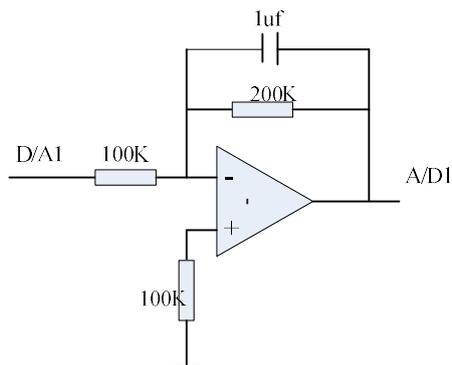


图 4-1 被控对象电路图

##### (2) 纯延时环节的构成与传递函数

$$G(s) = e^{-(N\tau)s}$$

$\tau$  = 采样周期    N 为正整数的纯延时个数

由于纯延时环节不宜用电路实现，在软件中由计算机实现。

##### (3) 被控对象的开环传递函数为：

$$G(s) = -2e^{-(N\tau)s} / (T_1s + 1)$$

#### 2、大林算法的数字控制器

$$D(z) = \frac{(1 - e^{-\sigma T})(1 - e^{-\tau/T_1} z^{-1})}{K(1 - e^{-\sigma T})(1 - e^{-\tau/T} z^{-1} - (1 - e^{-\tau/T})z^{-n-1})}$$

设  $k_1 = e^{-\tau/T}$ ,  $k_2 = e^{-\tau/T_1}$   $T_1 = 0.2$ ,  $T = \text{大林常数}$   $k = 2$ , 则:

$$(k - k k_2)u_i = (1 - k_1)e_i - (1 - k_1)k_2 e_{i-1} + (k - k k_2)k_1 u_{i-1} + (k - k k_2)(1 - k_1)u_{i-N-1}$$

### 三、实验步骤

1. 连接被测量典型环节的模拟电路（图 4-1），检查无误后接通电源。
2. 双击桌面快捷“Cybernation\_C”快捷方式，运行软件。
3. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常则继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
4. 在 VC6.0 的环境下编辑算法，编译动态链接库，覆盖原来的文件 Formula.dll。
4. 在实验项目的下拉列表中选择实验六[大林算法]，鼠标单击  按钮，弹出实验参数设置对话框，在参数设置窗口设置延迟时间和大林常数，点击确认再观察相应曲线，测量系统相应时间  $T_s$  和超调量  $\sigma_p$
5. 重复步骤 4，改变参数设置，将所测波形进行比较，并记录测量结果。

### 四、实验报告

- 1、保存自己编写的源程序代码。
- 2、分析大林时间常数对系统稳定性的影响。