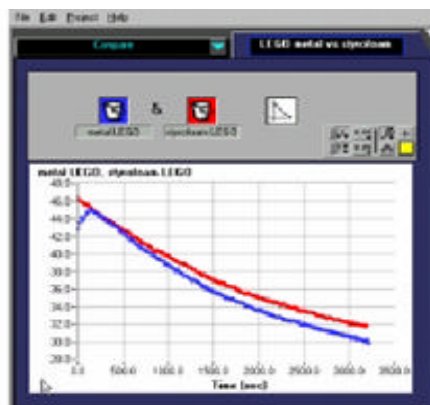
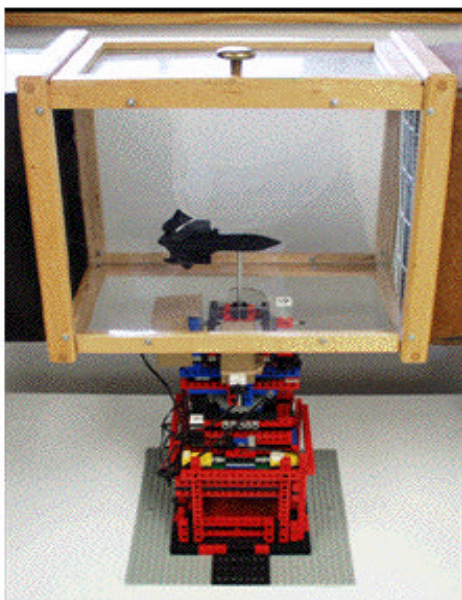
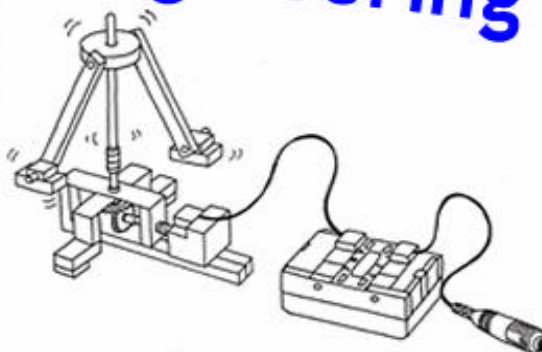


Bring the Future of Science and Engineering Into the Classroom

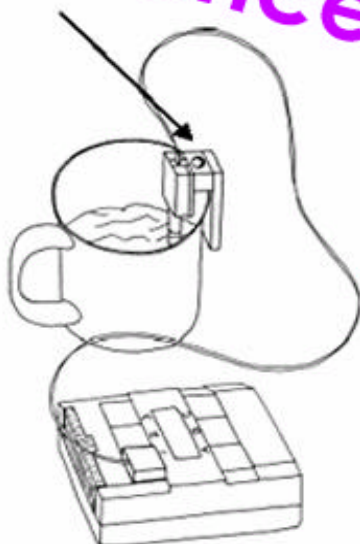
ROBOLAB研究者指南



Engineering

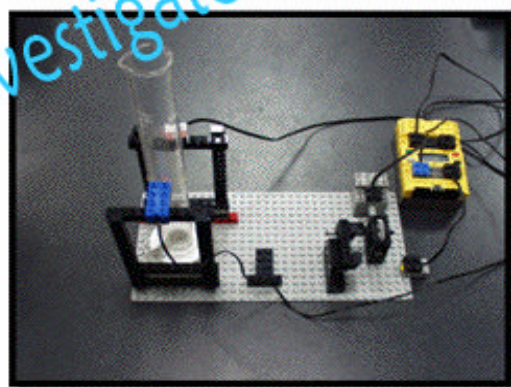


Science



ROBOLAB 2.01

Investigator



西觅亚科技 (Semia) 提供

Ver 1.0.1 (更新日期: 2003-1-6, 基于 ROBOLAB 2.5)



北京 Tel. 010-62143699 深圳 Tel. 0755-6965280 上海 Tel. 021-64157585 1/76
www.semia.com www.robotdiy.com 邓润洪 (dengrunhong@semia.com)

目 录

目 录	2
第一部分 欢迎进入 ROBOLAB 研究级别	4
1.1: 欢迎进入 ROBOLAB 研究级别	4
1.2: 数据采集基础	6
1.3: 进一步认识 RCX	7
1.3.1 RCX 的能力	7
1.3.2 监控你的 RCX	8
第二部分 研究者之旅	10
2.1: 项目 (Project Area)	10
2.1.1 怎样开始一个项目	10
2.2.2 我的第一个项目	12
2.2.1 编程等级 1	14
2.2.2 编程等级 2	17
2.2.3 编程等级 3	18
2.2.4 编程等级 4	19
2.3: 上载 (Upload Area)	24
2.4: 查看与比较 (View and Compare Area)	29
2.5: 计算 (Compute Area)	30
2.5.1 计算工具 1	31
2.5.2 计算工具 2	32
2.5.3 计算工具 3	33
2.5.4 计算工具 4 和 5	33
2.6: 实验报告 (Journal Area)	35
2.7: 出版 (Publish)	37
第三部分 几个实验	39
3.1: 实验一: 保温	39
3.1.1 实验说明	39
3.1.2 实验手册	39
3.1.3 教师手册	40
3.1.4 附加材料	42
3.2: 实验二: 阳光寻觅者	43
3.2.1 实验说明	43
3.2.2 实验手册	43
第四部分 高级研究者	48
4.1: 虚拟仪器	48
4.1.1 虚拟仪器的基本概念、构成及其特点	48
4.1.2 虚拟仪器系统引入实验教学	49
4.1.3 基于虚拟仪器的虚拟实验的实施	50
4.1.4 ROBOLAB 与虚拟仪器	51
4.1.5 使用 ROBOLAB 编写的几个例子	54
4.2: G-Code	56
4.3: 几个研究项目	63

4.3.1 静摩擦系数测量	63
4.3.2 能量的转换	65
第五部分 附录	69
5.1: 程序下载 FAQ	69
5.2: 数据采集和处理 FAQ	71
5.3: 传感器的参数	72
后记:	76

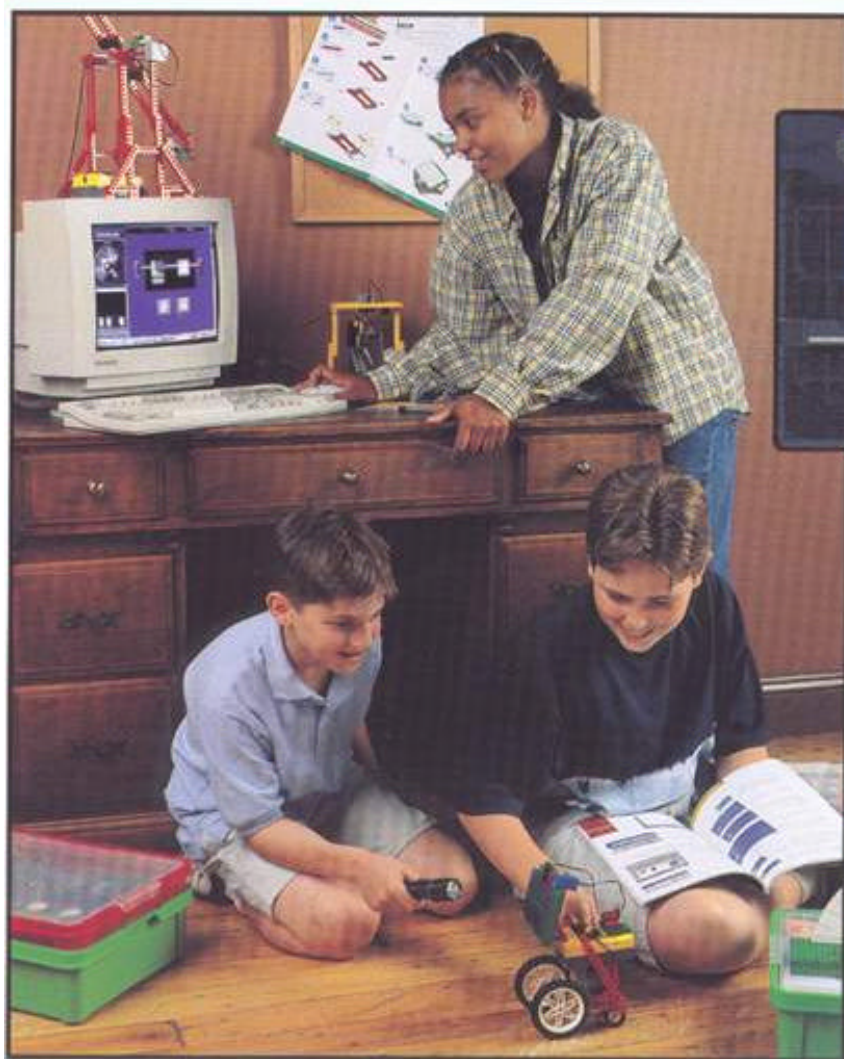
第一部分 欢迎进入 ROBOLAB 研究级别

1.1：欢迎进入ROBOLAB研究级别

Robolab 2.0软件为我们带来数据采集分析以及项目管理功能，我们可以在研究者中使用项目管理功能，项目管理包括了使用RCX来进行研究所需要的所有功能，程序编写、上载数据、查看数据、计算和比较数据、关于实验的讨论和文档。新的数据采集功能可以让RCX通过传感器来感知外界环境的变化。

每天我们从电视中看到天气预报，其中温度的变化可以通过温度计来测量；当我们觉得不舒服，身体发热时，医生会使用体温计来测量体温；在中学实验中，我们可以通过万用表来测量电压或电流，这些就是我们常见的传统仪器。通过RCX，配合乐高或DCP传感器，再利用ROBOLAB的强大能力，我们也可以完成上面的任务，甚至完成得更好。

利用RCX和温度传感器，我们可以轻易测量在24小时中房间的温度的变化，利用计算等工具，我们可以方便地使用图形来绘出温度的变化图，求出温度的平均值、最大值，而这一切，就是来自ROBOLAB的强大力量。



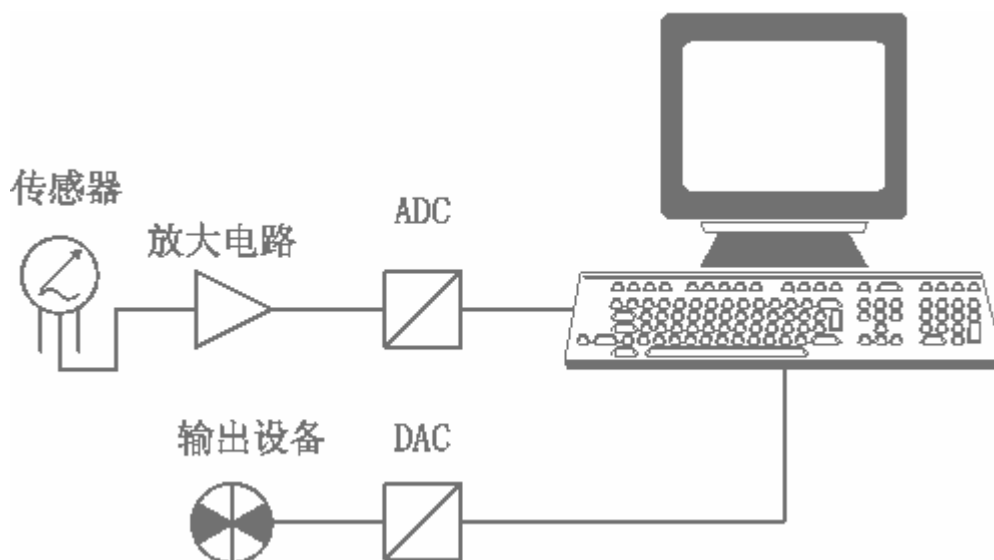
不同于编程者，研究者一共有五个步骤，图示如下：



***** 在使用本教材前，强烈建议先熟识ROBOLAB编程者指南教材*****

1.2：数据采集基础

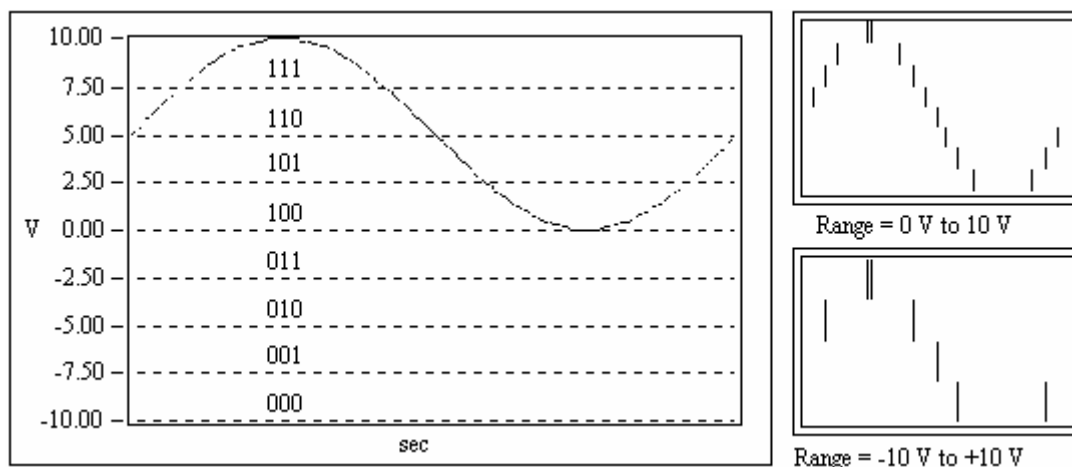
让我们先来看看整个系统的原理图：



大家都知道，计算机只能处理数字信号。从传感器及相关的放大电路获得的信号一般为电压或电流信号，即模拟信号，无法直接输入到计算机中，所以我们需要一个设备将模拟信号转换为数字信号，这个设备就是模数转换器（Analog Digital Converter，简称ADC）。由于这部分的作用非常大，并且对这个系统起到决定性的影响，所以我们需要详细了解一下它的原理。另外，图中下面部分的DAC就是数模转换器（Digital Analog Converter，简称DAC），与ADC相反，它的作用是将数字信号变为模拟信号，用来控制外部设备，例如一个马达。

ADC根据电压/电流信号的大小转换为不同大小的数字，转换的精度由ADC的分辨率决定，转换的速度由ADC的采样率决定。

分辨率是模/数转换所使用的数字位数。分辨率越高，输入信号的细分程度就越高，能够识别的信号变化量就越小。下图表示的是一个正弦波信号，以及用三位模/数转换所获得的数字结果。三位模/数转换把输入范围细分为 2^3 或者就8份。二进制数从000到111分别代表每一份。显然，此时数字信号不能很好地表示原始信号，因为分辨率不够高，许多变化在模/数转换过程中丢失了。然而，如果把分辨率增加为16位，模/数转换的细分数值就可以从8增加到 2^{16} 即65536，它可以相当准确地表示原始信号。



采样率决定了模/数变换的速率。采样率高，则在一定时间内采样点就多，对信号的数字表

达就越精确。采样率必须保证一定的数值，如果太低，则精确度就很差。下面的图表示了采样率对精度的影响。



采样频率足够



采样频率不够引起波形畸变（实线为真实数据，虚线为采集到的数据）

根据耐奎斯特采样理论，你的采样频率必须是信号最高频率的两倍。例如，音频信号的频率一般达到20Hz，因此其采样频率一般需要40Hz。

平均化。噪声将会引起输入信号畸变。噪声可以是计算机外部的或者内部的。要抑制外部噪声误差，可以使用适当的信号调理电路，也可以增加采样信号点数，再取这些信号的平均值以抑制噪声误差，这样误差可以减小到乘以下面的系数：

$$\frac{1}{\sqrt{\text{采样点数}}}$$

例如，如果以100个点来平均，则噪声误差将减小1/10。

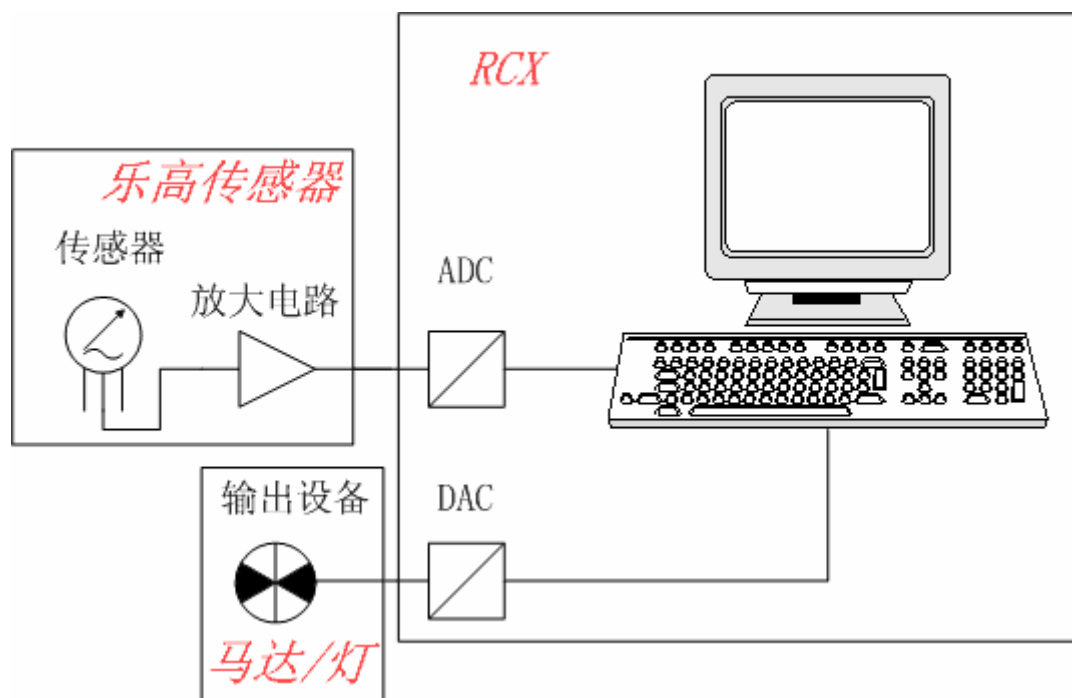
1.3：进一步认识RCX

1.3.1 RCX的能力

在编程者指南中，我们已经领会到了RCX的强大能力，在这里我们要看看与数据采集相关的RCX的能力：

1. **3 个输入；3 个输出**：这意味我们可以同时读取三个独立的传感器的数据，另外在数据采集中我们也可以同时控制三个输出口，例如我们在 RCX 上安装温度和光线传感器以及两个马达，做成一辆小车，这样我们就可以让小车采集房间的温度和光线，最后分析出房间的温度和光线分布情况。
2. **与电脑进行红外通讯**：这样我们可以在采集数据的过程中（在这种情况下，采样速度不能快于1Hz）或采集完后，将数据上传到计算机中。
3. **同时处理 10 个任务**：这意味我们可以一边采集数据，一边控制输出或进行运算。
4. **10 位的 A/D 转换器**：这个参数决定了 RCX 的采集精度，单单从这个指标看，我们可以知道 RCX 的采集精度（1/1024）是很高的，但在使用中，精度还与传感器有关。
5. **最高 100Hz 的数据采样率**：这个就是采集的速度，也就是最快的采集速度是一秒采集 100 次，虽然这个采样速度不是很快，但是对于大部分中学应用的例子，这个采样速度已经足够了。
6. **最大可以保存 2000 个数据点**：
RCX 内存可以保存 2000 个数据点。由于数据和程序同样保存在 RCX 的 RAM 里，所以如果你的程序比较大时，RCX 将不能保存这样多的数据点。

拥有上面的能力，整个数据采集系统就简化为三个部分，如下图：



在这个系统中，传感器负责测量物理量；RCX 负责 ADC、数据保存、DAC 等等功能。RCX 本身也可以对数据进行简单处理，不过，我们主要还是将数据上传到计算机中，再由 ROBO LAB 的 G-Code 进行运算和显示。

1.3.2 监控你的RCX

RCX的LCD常用来查看RCX的工作情况，在实验中，LCD上面的信息是非常有用的。下面详细介绍各种标志的意义。



电力低的指示，看到此标志后请更换RCX的电池。。



表明其输入端口的输入有效。



表明输出端口的输出有效。



RCX正在传输信号，左为高能亮，右为低能量（可以在管理员中的RCX设定中设定）



表明RCX在开着，假如RUN键按下，小人将走动，表明RCX正在执行程序。



程序正在传输。



程序数字,表明那个程序处于有效值。你可以下载程序到这里,也可以运行程序。



数据采集显示,图形表明内存使用的情况。



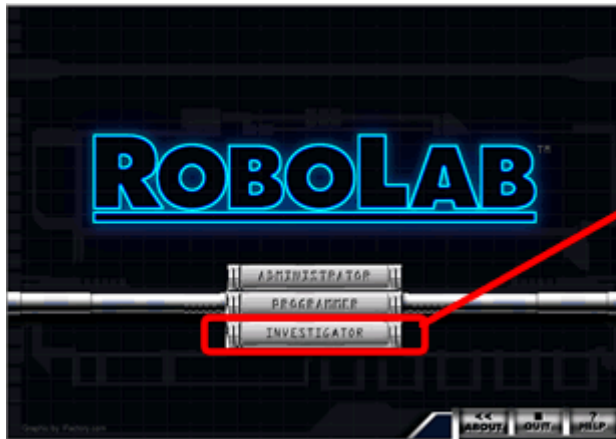
软件监视:表明RCX开了多长时间,每重新启动一下,便重新计时。

第二部分 研究者之旅

2.1 : 项目 (Project Area)

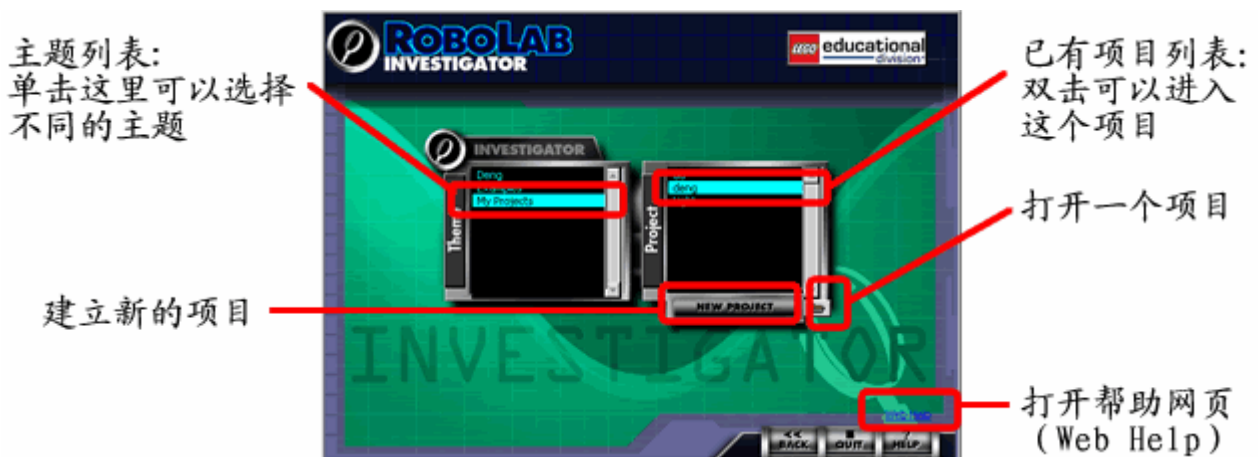
2.1.1 怎样开始一个项目

在主菜单上单击Investigator，就可以进入研究者编程菜单。



点击
Investigator
进入研究者

ROBOLAB的主菜单



主题列表：
单击这里可以选择
不同的主题

已有项目列表：
双击可以进入
这个项目

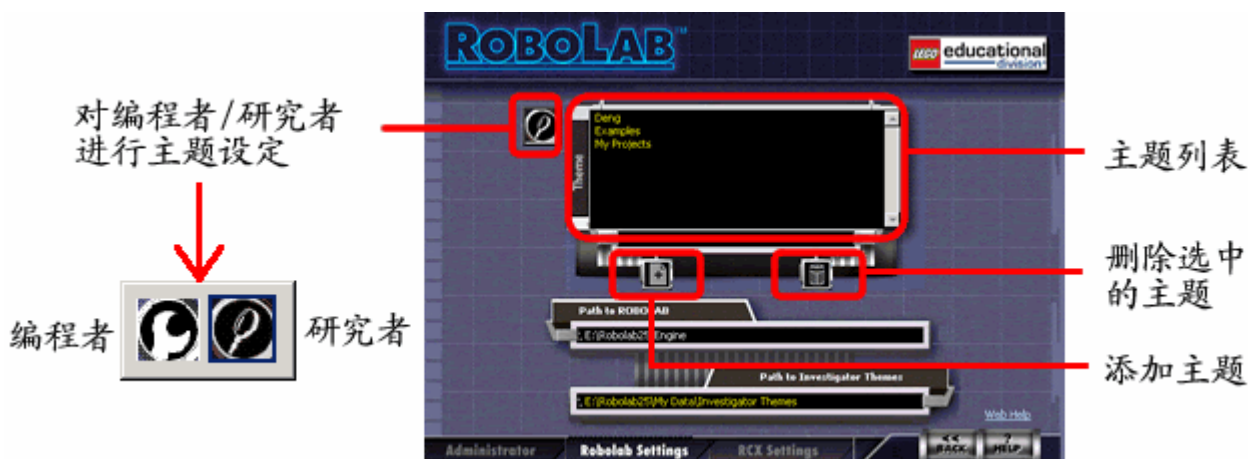
打开一个项目

建立新的项目

打开帮助网页
(Web Help)

研究者编程菜单

项目保存在不同的主题下面，主题可以与套件有关（例如 eLab），也可以是类别（例如温度、亮度）。你可以在Robolab的管理员（Administrator）中的Robolab设定（Robolab Settings）中进行主题管理，添加或删除主题，如下图：



主题 (Theme) 管理

当我们进入了一个项目，我们可以看到如下画面：






导航区和项目工作区

在导航区中，我们可以看到如下图标：




菜单区：

	Program Area	编程区	1. 用来为RCX编写程序。 2. 将程序下载到RCX。
	Upload Area	上载区	1. 将RCX采集的数据上传到计算机中。 2. 每次上传的数据集保存在独立的数据页面中。
	View and Compare Area	查看和比较区	1. 查看所有上传的数据。 2. 查看数据的统计（最大值、最小值、平均值）。 3. 比较不同的数据集。
	Compute Area	计算区	1. 使用运算工具来调整数据，便于进行科学分析。 2. 包含5个级别的计算功能，从简单的统计到积分等。
	Journal	实验报告	1. 你的实验文档，例如：你可以为实验的每一部分建立一个页面，包括：陈述问题、假设、推算、讨论和结果、总结。 2. 在实验包括上添加你的实验图片。

页面区：

	New Page	添加新页面	例如在程序区，按下按钮后将添加一个程序区的页面。也就是项目的第二个程序页面，在其它区也可以添加。
	Delete Page	删除选定页面	选中上面的页面，可以按下此按钮将其删除。
	Publish	出版	将整个实验出版，就像将实验做成幻灯片一样。

导航区：

	Back	返回	返回前一个窗口。
	Quit	退出	退出项目，如果你没有保存项目，将出现提示窗口。
	Help	帮助	显示帮助窗口。

2.2.2 我的第一个项目

一个项目包含了多个区域，例如程序区、上传区、计算区等等，为了深刻理解这些区域的使用法，我们先做一个简单的项目。通过这个项目，我们熟识项目的所有流程，便于进一步的研究。这个项目需要一个RCX和一个光传感器，目的是纪录光值在十秒内的变化。

1. 创建一个新项目项目：

进入了研究者菜单里，我们就可以创建一个新的项目，例如创建一个名为Light

2. 编程：

由于我们只要使用默认程序就可以完成任务，所以我们可以直接将默认的程序下载到RCX中，如下图：

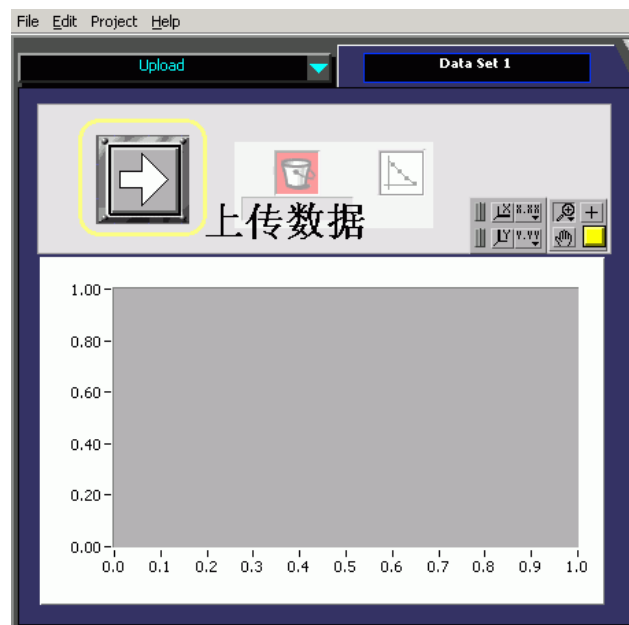


3. 数据采集：

在RCX的输入端口1上面安装光感，并运行RCX，此时，RCX就开始进行数据采集，每隔1秒钟，RCX将纪录一次当前的光值，10秒钟后，采集结束，我们将在RCX的LCD上面看到数据已被保存在RCX的内存里。

4. 上传数据：

保持RCX打开状态，并对准红外发射器，按下上传图标，这时数据将上传到计算机里。如下图：



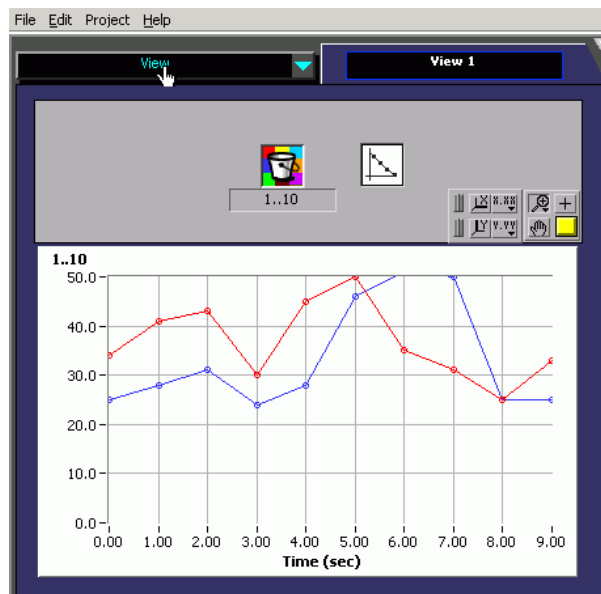
按白色箭头将上传数据



数据正在上传

5. 查看数据：

我们可以自由选择数据的格式，另外，如果你多次采集和上传，我们也可以查看任一组数据或全部数据，例如下面的例子就是采集二次的结果。



通过这一个例子，我们就可以了解整个流程，下面就要进一步研究其中的每一个步骤。

2.2：程序（Program Area）

2.2.1 编程等级1

建立一个新项目，或点击 ，你可以看到如下画面：

下拉式菜单
选择编程级别1-5



放大/缩小窗口

程序名称，可以修改。

程序

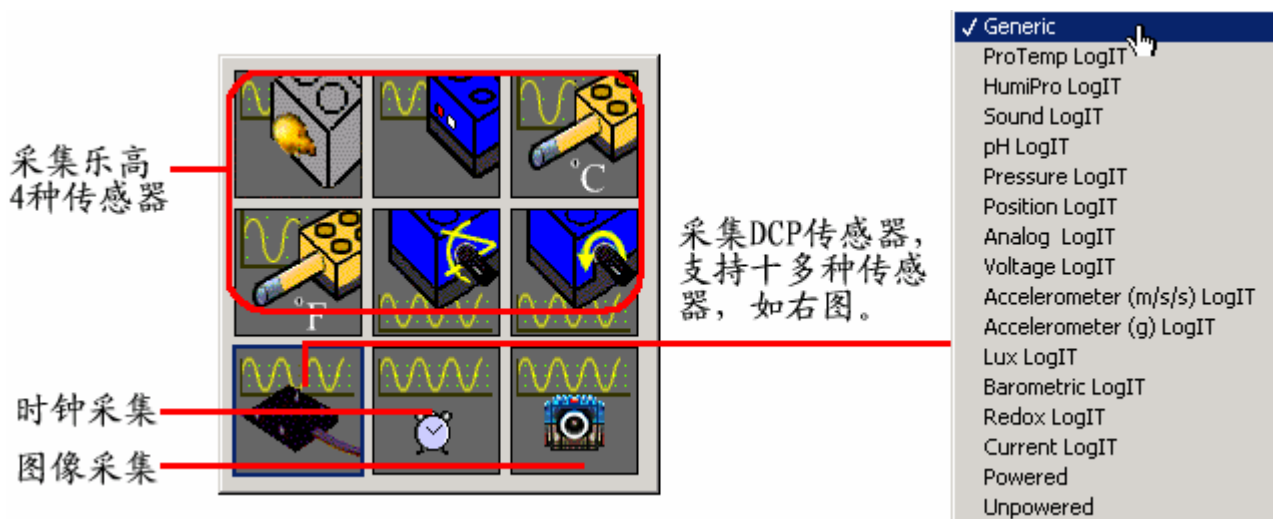
下载程序

直接模式
采集和上传同时进行

在这个级别中，我们看到的画面与编程者中的导航者类似。在这个默认的程序中，红灯分别代表程序的开始和结束，程序中，安装在输入端口中的光感采集数据，每一秒钟采集一次，一共采集10次。

输入命令

选择安装的传感器，可以是乐高传感器，也可以是DCP传感器（下左图）。传感器必须安装在输入端口1上，如果你选择的是DCP传感器，你可以选择十多种DCP传感器（下右图），还有一个“Generic”选项，这样得到的是RAW Data，范围是0-1023。



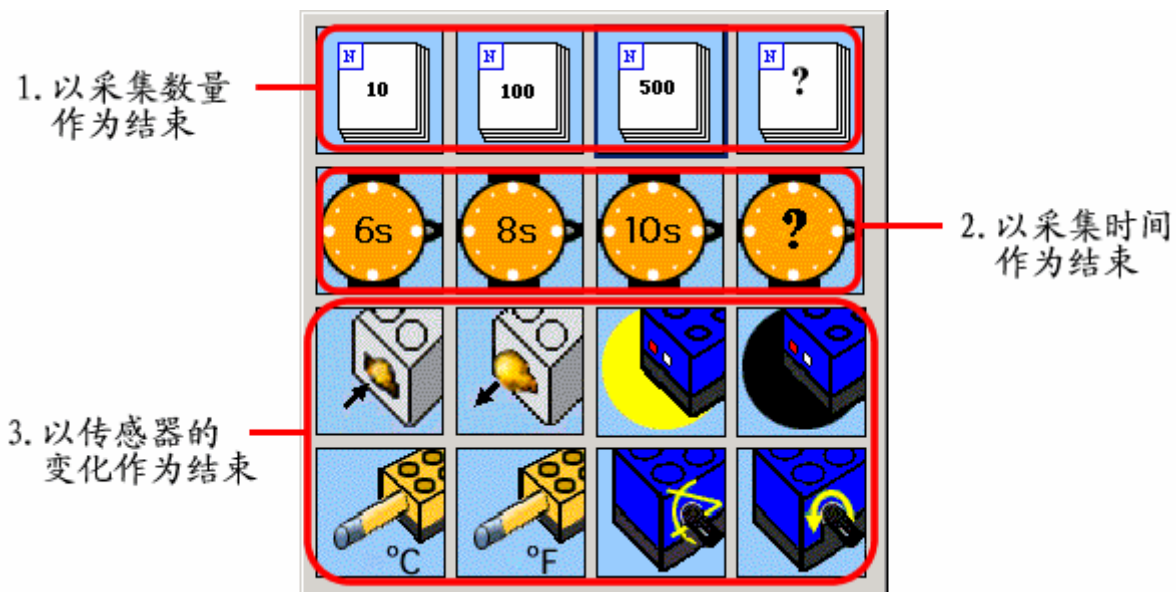
采集速度：

你可以选择数据采集的速度（如下左图），第一个图标为每1秒钟采集一次；第二个图标为每1分钟采集一次；第三个图标为每1小时采集一次；第四个图标为自定义时间采集一次，如下右图，你可以自己输入采集的时间间距（最小为0.05秒）；最后一个图标是触动传感器（安装在输入端口2）每触动一次，就采集一次。



等待命令：

这个命令指定了结束采集的条件，可以选择三种条件，如下图：



1. 以采集数量作为结束。

可以选择10、100、500或自定义。但是在编程级别1、2、3里不能超过1000个数据点。

2. 以采集的时间作为结束。

可以选择6、8、10或自定义。

3. 以传感器的变化作为结束。

可以选择乐高4种传感器的变化作为结束条件。

注意：如果在程序中使用了等待传感器的变化，那么传感器不能与数据采集的传感器安装在同一端口，改变端口的方法如下图。

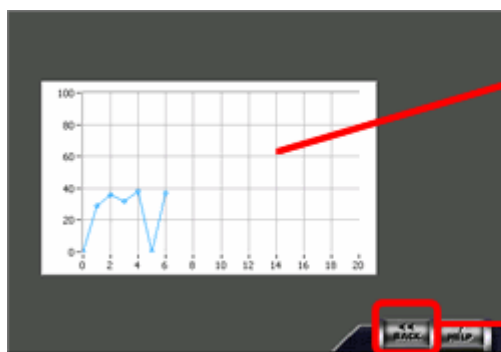


下载 (Download)。



直接模式 (Direct Mode)，下载程序并马上运行，而且将采集的数据立刻上传到计算机上。

注意：在采集的过程中，RCX必须对准红外发射器。



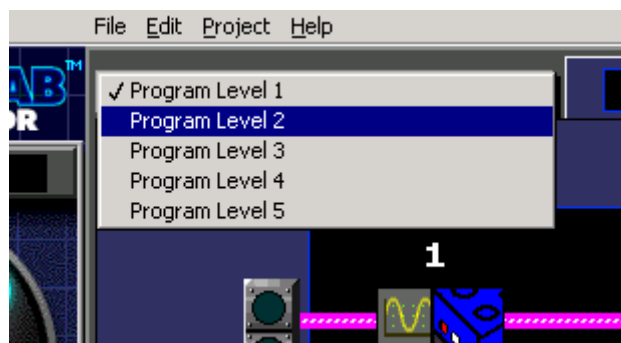
数据显示区

返回。
如果在采集过程中按下此按钮，将结束采集。

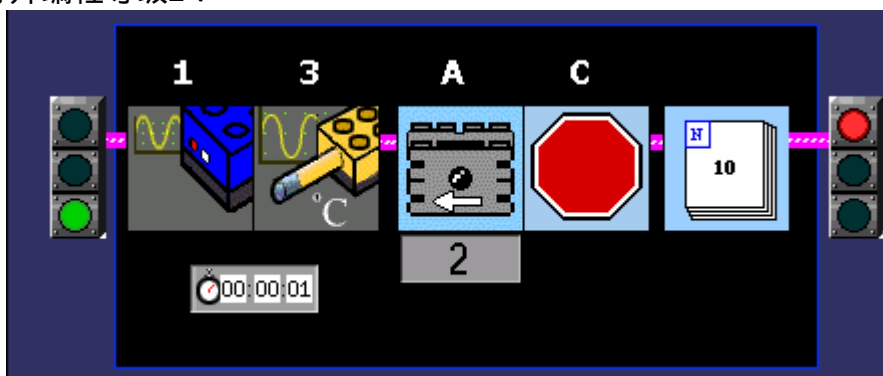
注意：使用直接模式时，采集的间距可以小于1秒，但是在上面的画面只能显示每一秒采集到的数据。

2.2.2 编程等级2

选择编程等级，如下图：



我们可以打开编程等级2：

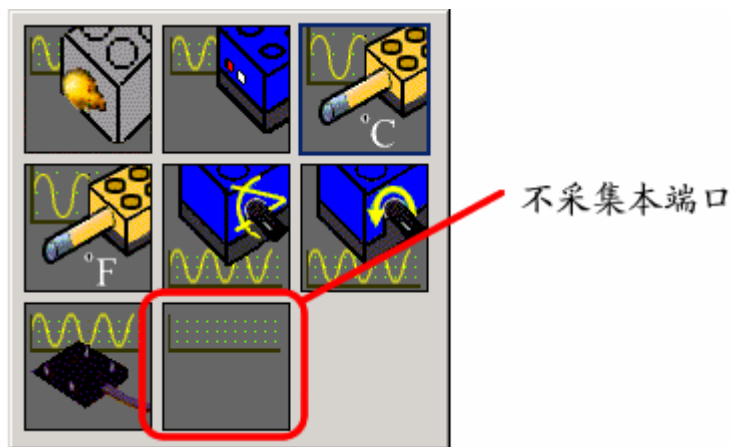


我们可以看到，在程序中，我们不但可以进行数据采集，而且可以根据外界条件来控制输出，例如可以让马达的转速与温度联系起来：当温度上升时，马达转速变快，温度下降时，马达转速变慢。

在默认的程序中，以每秒采样一次的速度同时采集光线（安装在输入端口1）和温度（安装在输入端口3）。并且打开输出端口A（马达的方向为顺时针，能量为2）。一共采集10次。

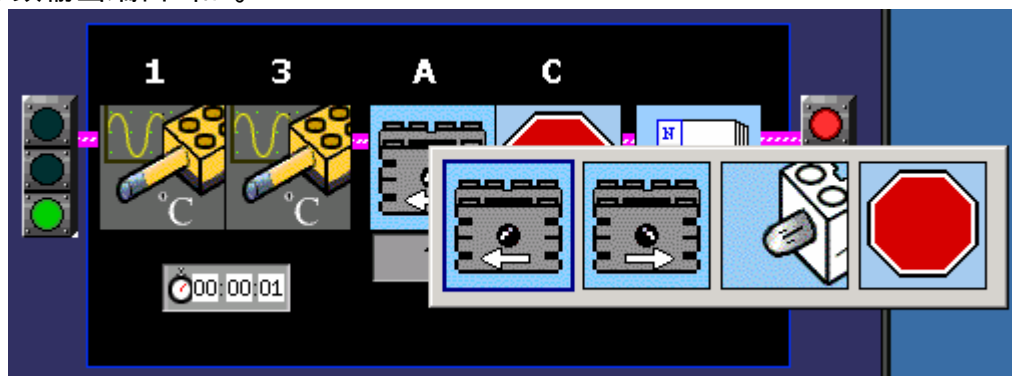
输入端口：

可以修改输入端口1和3。



输出端口：

可以修改输出端口A和C。

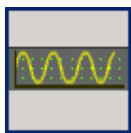


2.2.3 编程等级3

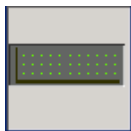
编程等级3的模板中使用了两个的传感器和两个灯或马达。输出部分有三个步骤，按顺序执行，你可以选择在每一步中是否采集数据，你也可以选择整个程序是否连续运行。



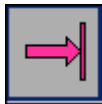
我们看看新接触的图标：



Data Logging On : 在这个步运行中采集数据。



Data Logging Off : 在这个步运行中不采集数据。



Run Once 程序只运行一次，也就是运行到红灯时程序结束。

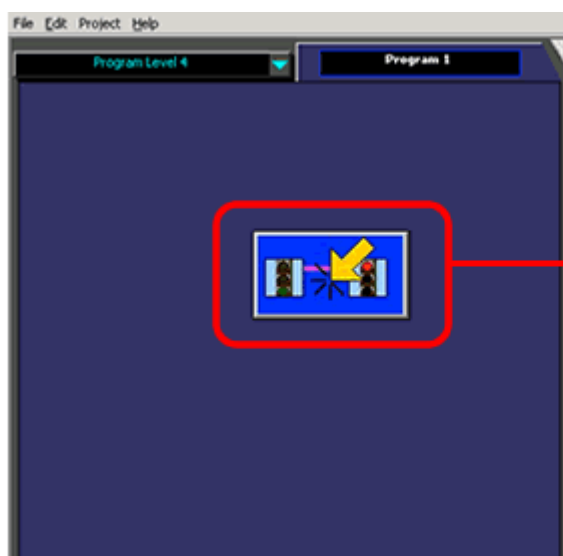


Continuous Run 程序循环运行，也就是运行到红灯时程序返回到绿灯继续运行。

2.2.4 编程等级4

编程等级4和5给我们一个全新的编程环境，它类似于编程者中的发明家者级别(需要了解更多，请参考ROBOLAB编程者指南)，它赋予你完全的能力。

当我们选择了编程等级4，我们将会看到如下画面：



单击这里可以
进入编程画面

在每一个数据采集的程序中，必须做三个工作：

1. 初始化传感器 (Initialize Sensor)
2. 开始采集数据 (Start Data Logging)
3. 停止采集数据 (Stop Logging)

另外，你也可以恢复采集数据 (Resume Logging)

下面就介绍如何完成这些工作。

在功能模板中我们可以找到采集功能 (Investigator) 的子模板，如下图：



下面详细介绍这些图标的功能：

1. 初始化传感器 (Initialize Sensor)

下面以光感的初始化为例子，如下图，



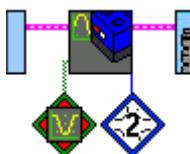
端口参数指明光感安装的位置（端口1-3），默认端口为1。

总缓冲区（Total Buffer Size）是指明用于保存数据的缓冲区的大小，可以设定为0-2000，一般不需要设定。另外，这个参数与RCX的内存有关，RCX一共有32K的RAM，大部分被固件（Firmware）所占用，留给用户大约6K，这部分可以保存程序和数据，由于RCX需要3个字节（Byte）来保存一个数据点，所以最多只能保存2000个数据点左右。

数据集（Data Set）是指明采集的数据保存在那里，我们一共可以使用3个数据集，分别为红色、蓝色和黄色，我们可以从参数模板（Modifiers）中找到，如下图，

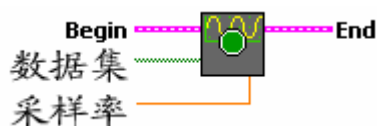


举一个例子，我们需要采集安装在端口2上面的光感，数据保存在红色数据集中。



2. 开始采集数据 (Start Data Logging)

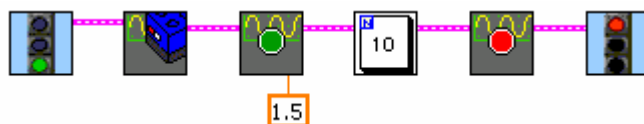
初始化后，就可以开始数据采集，开始采集图标如下：



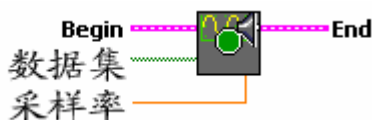
这时我们需要指定开始采集那一个或那几个数据集，默认为红色数据集，另外，还需要定义采样率 (Time Between Samples)，需要注意的是，这里的采样率并不是用Hz表示，而是使用秒来表示，即相邻的两个数据点的时间间距。采样率可以从从参数模板 (Modifiers) 中找到，如下图：



可以选择0.1s、1.0s、0s、1m、1h、或触动安装在端口2的触动传感器，当然你可以直接使用数字常量，例如：



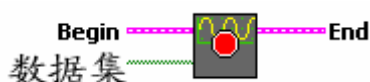
另一个开始采集图标是带声音的采集 (Start data logging with clicks).



从图标右上角的小喇叭我就可以理解，这个图标表示每采集一个数据，RCX都会鸣叫一次，也正因为如此，所以采集的速度就不能太快，采样率不能小于1秒。

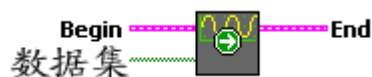
3. 停止采集数据 (Stop Logging)

可以在任何时候停止采集，在图标中需要指明停止采集的数据集，默认为停止红色数据集的采集。



4. 恢复采集数据 (Resume Logging)

可以恢复已经停止的采集，在图标中需要指明停止采集的数据集，默认为停止红色数据集的采集。



下面，就做几个练习：

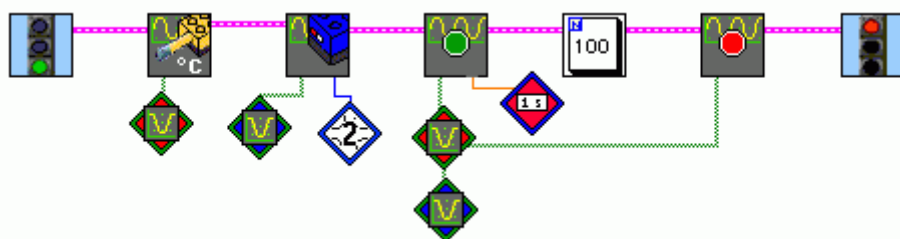
例子1：采集一个传感器。



程序开始，初始化装在端口2上面的光感，指定其采集的数据存放在红色的数据集中，马达A以最大速度转动，以1Hz速度采集数据，一共采集10次，当数据采集完毕，等待按下安装在端口1上面的触感，然后，马达反转，恢复先前的采集，采集10次后，停止采集，马达关闭。

例子2：同时采集两个传感器。

初始化安装在1、2端口上的温度和光线传感器，采集的数据分别放在红色和蓝色的数据集中，并马上以1Hz的速度开始采集数据，采集完100个数据后，停止所有的数据采集工作。

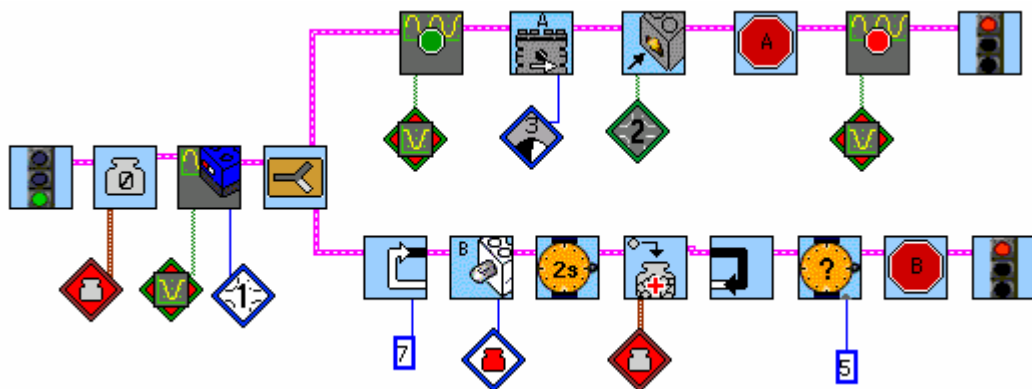


练习：

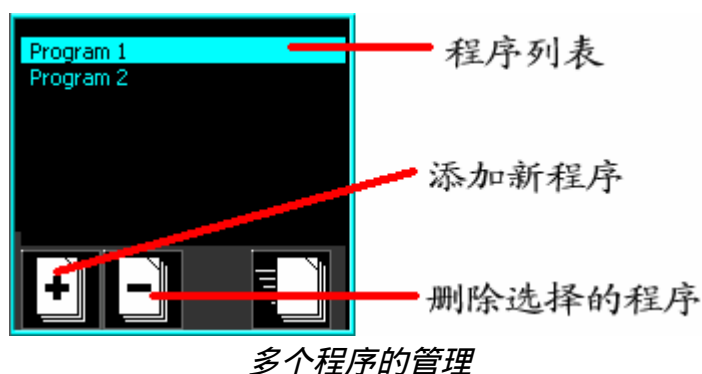
建立一个同时运行两个任务的程序，

1. 第一个任务是每2秒中采集一下光线传感器，采集的时候马达A以半速运行，当按下触动传感器时，马达A停止，并结束数据采集。
2. 第二个任务是以最低能量打开B灯，每过2秒钟能量增加一级，当能量达到最高后5秒，关闭B灯。

其中的一个方案是：



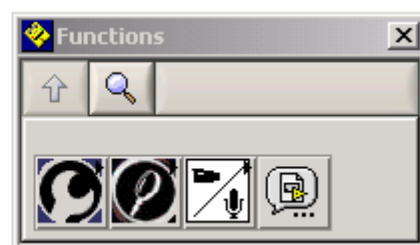
Tips: 在一个项目中，可以编写多个程序，你可以通过窗口左下角来管理多个程序，如下图：



2.2.5 编程等级5

编程等级5是编程的最高级别，将给你带来全部的控制能力和运算能力，包括了从编程者中发明家者的所有命令、参数和结构，并加入了数据采集和分析处理的所有功能。

编程等级5打开的默认程序只有红绿灯，功能模板有三个选择：数据采集与马达（Data Logging and Motors）、G代码（G Code）和选择一个VI文件（Select a VI）。



数据采集与马达（Data Logging and Motors）

具备了发明家级别的所有功能，可用来控制马达、灯以及从传感器采集数据。

在这一级别中，增加了：

1. 使用变量进行运算。
2. 以不确定的时间进行数据采集。
3. Internet和先进的直接控制，可以编写分布式的虚拟的仪器程序。
4. 条件语句和循环语句增强。



G代码（G Code）

G代码用于分析数据。它提供了强大的数据运算和分析能力，你可以轻易对数据完成微积分、拟合等运算。G代码也是在框图程序窗口（Diagram Window）中编写。



多媒体（Multimedia）

多媒体用于处理图像和声音，这一部分的使用请参考ROBOLAB编程指南以及相关资料。

注意：不要再同一个程序中使用数据采集与马达和G代码图标。事实上，数据采集与马达的图标会下载到RCX上，并在RCX上运行，而G代码图标直接在电脑上运行。



选择一个VI文件 (Select a VI)


VI就是Virtual Instrument (虚拟仪器)的缩写,由于ROBOLAB是在LabVIEW上面开发的,所以ROBOLAB也是以VI的格式保存,VI具备了与文件夹相同的调入、保存、打开的能力。但是,你的操作系统将它们看成单一的文件。你只能在ROBOLAB中访问其中的内容。

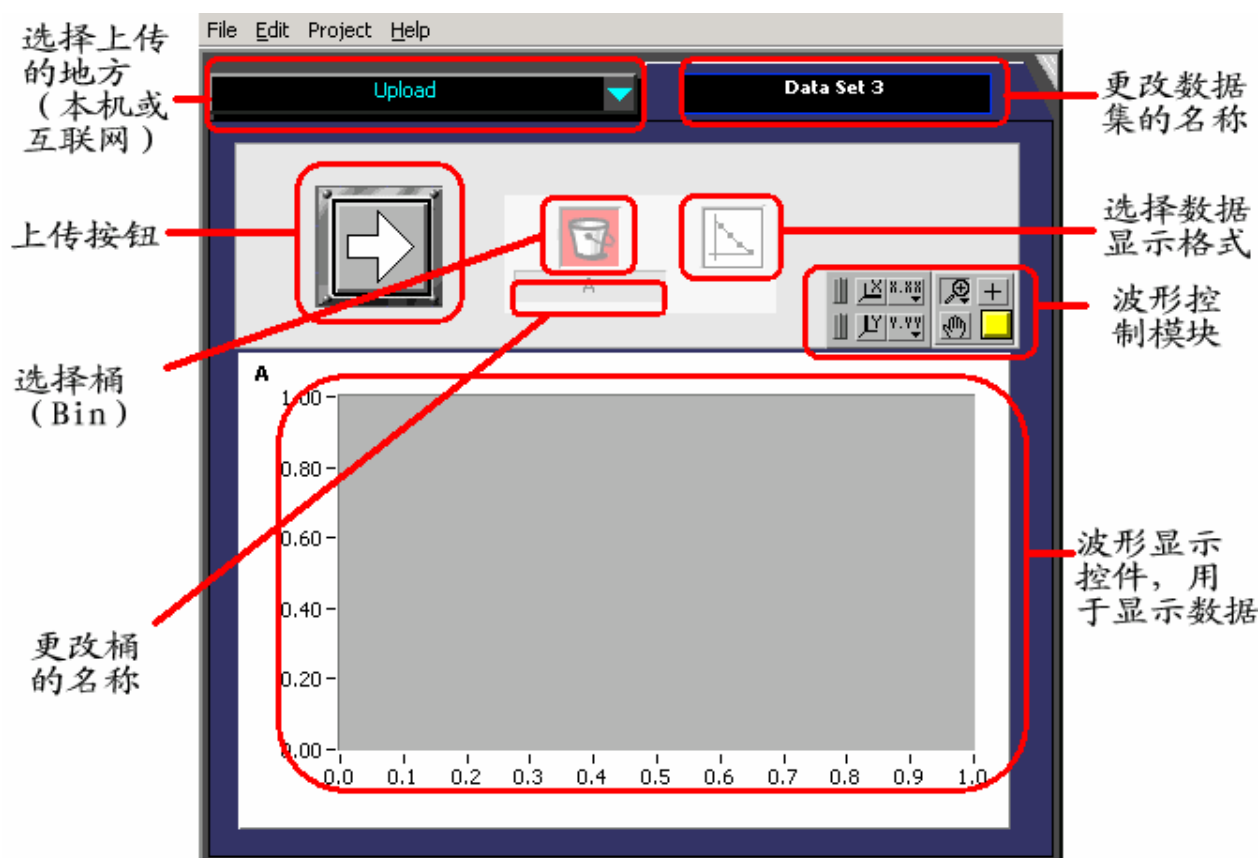
可不能小看这个功能,这个可是LabVIEW最优秀的特性之一,它可以让你轻易将原先编好的程序加入到你的新程序中,这样一个复杂的程序就可以利用多个简单的程序组成,从而降低了大量的编写和调试工作。

在介绍这一级别之前,我们先熟悉研究者其它的部分,我们将在第四部分——高级研究者中介绍这些特性。

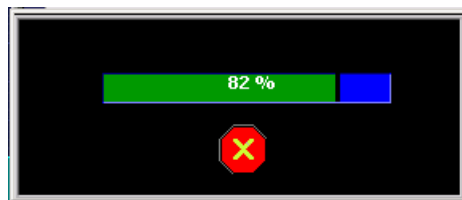
2.3: 上载 (Upload Area)

当数据采集完成时,我们就可以上传数据了。可以从本机的红外发射器上传数据,也可以通

过互联网从远程的计算机里上传数据。点击 , 右边窗口将出现如下画面。



上载的时候RCX电源必须打开,并且RCX要靠近红外发射器。当按下上传 (Upload) 按钮,将出现如下画面,表明数据正在上传。



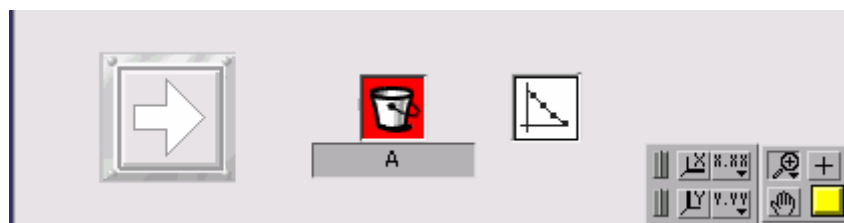
数据正在上传



上传成功

如果上传失败，请参阅第五部分的故障解决。

如果此页面已经有数据，上传按钮将不能使用，如下图。



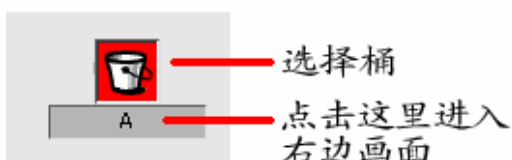
如果需要继续上载数据，必须建立新的页面。如果你不需要这些数据，你也可以删除此页面，具体的操作类似于2.2.4中的多个程序的管理。

使用不同的桶，你可以区分不同的数据集，便于查看和计算。



选择不同的桶来保存数据

另外，你也可以修改桶的名称，这个名称也就是数据显示区中的Y轴名称，一般使用物理英文名称和物理单位，例如，如果是温度，那么通常使用Temp(C)来表示，这样就便于管理。



修改桶的名称



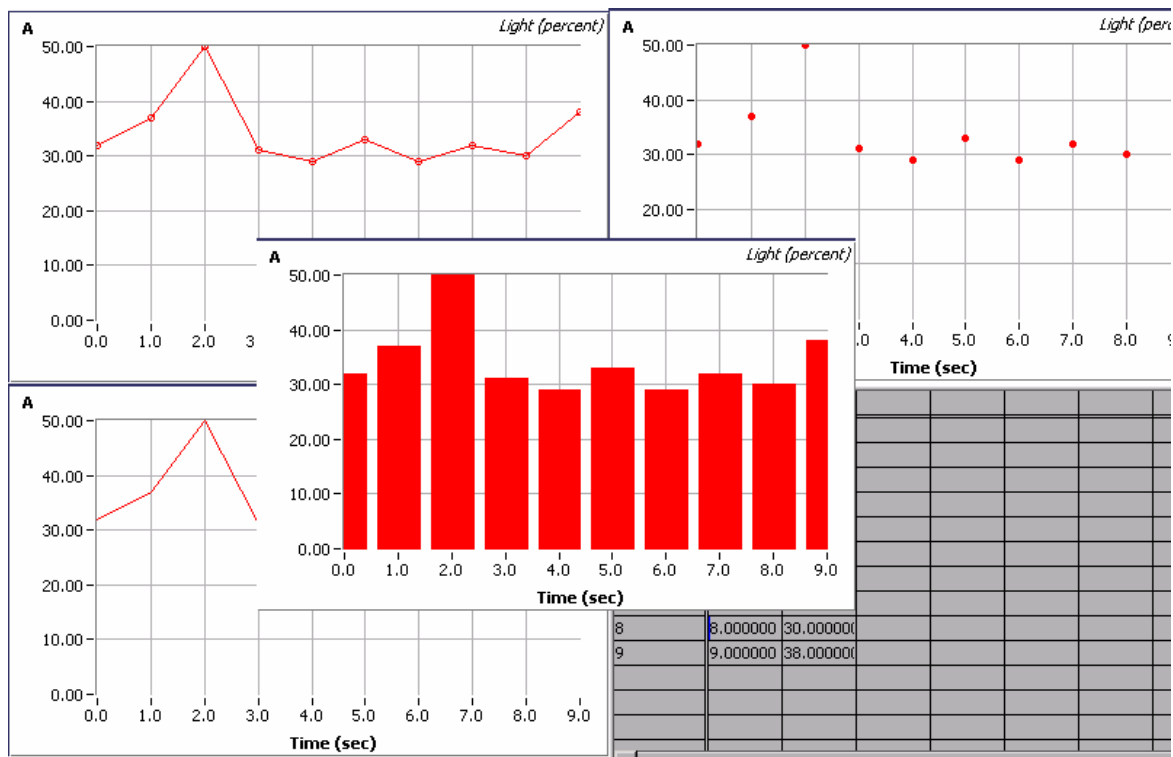
选择桶和修改桶的名称

为了方面查看，你也可以通过不同的显示方式来显示数据，具体如下：



- Points and Lines 显示点和直线。相邻的两个数据点使用直线相连。
- Lines 只显示直线。
- Points 只显示点。
- Bars 以直方图显示。
- Numbers 以数字表示

下图就是使用不同的格式显示同一数据集的效果：



使用不同的格式显示同一数据集

在这里，需要介绍一个重要的工具，就是波形显示控件的控制工具，这个工具不但可以快捷地调整图形的外观，还可以在程序中实现波形的动态调整。下面逐项介绍其用法。

1. XY坐标自动调整： ,




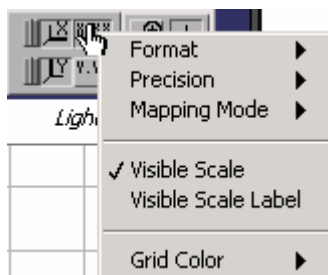
AutoScale X，点击此图标的左边部分，可以选择是否对X轴进行自动调整。



AutoScale Y，点击此图标的左边部分，可以选择是否对Y轴进行自动调整。

2. XY坐标格式调整： ,

可以使用这两个工具对X轴和Y轴进行格式设定。以X轴为例，点击  ，可以看到：



其中，

Format，选择X轴数字的显示格式，包括十进制、科学计数法、二进制等等。

Precision，设定精度，小数点后面可以0-6个位。

Mapping Mode，选择坐标形式，可以是线性坐标，也可以是对数坐标。

Visible Scale，是否显示坐标系。


Visible Scale Label，是否显示坐标名称。

Grid Color，选择网格的颜色。

3. 拖动工具：

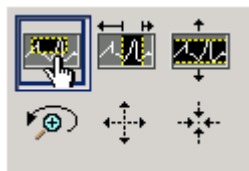
按下此按钮，把鼠标移动到波形显示区，鼠标将变成手状，按住鼠标左键不放，可以把波形“粘”住并在显示区内自由移动。

4. 关闭拖动：

关闭移动工具.

5. 波形缩放工具：

单击这个工具时，将弹出波形缩放方式选择，如下图：



各选项功能如下：

A. 矩形缩放，

选择该选项后，在显示区上，按住鼠标左键拉出一个方框，方框内的波形将被放大。

B. 水平缩放，

波形只在水平方向上被放大，垂直方向上保持不变。

C. 垂直缩放，

波形只在垂直方向上被放大，水平方向上保持不变。

D. 取消缩放，

取消最近的一次缩放操作。

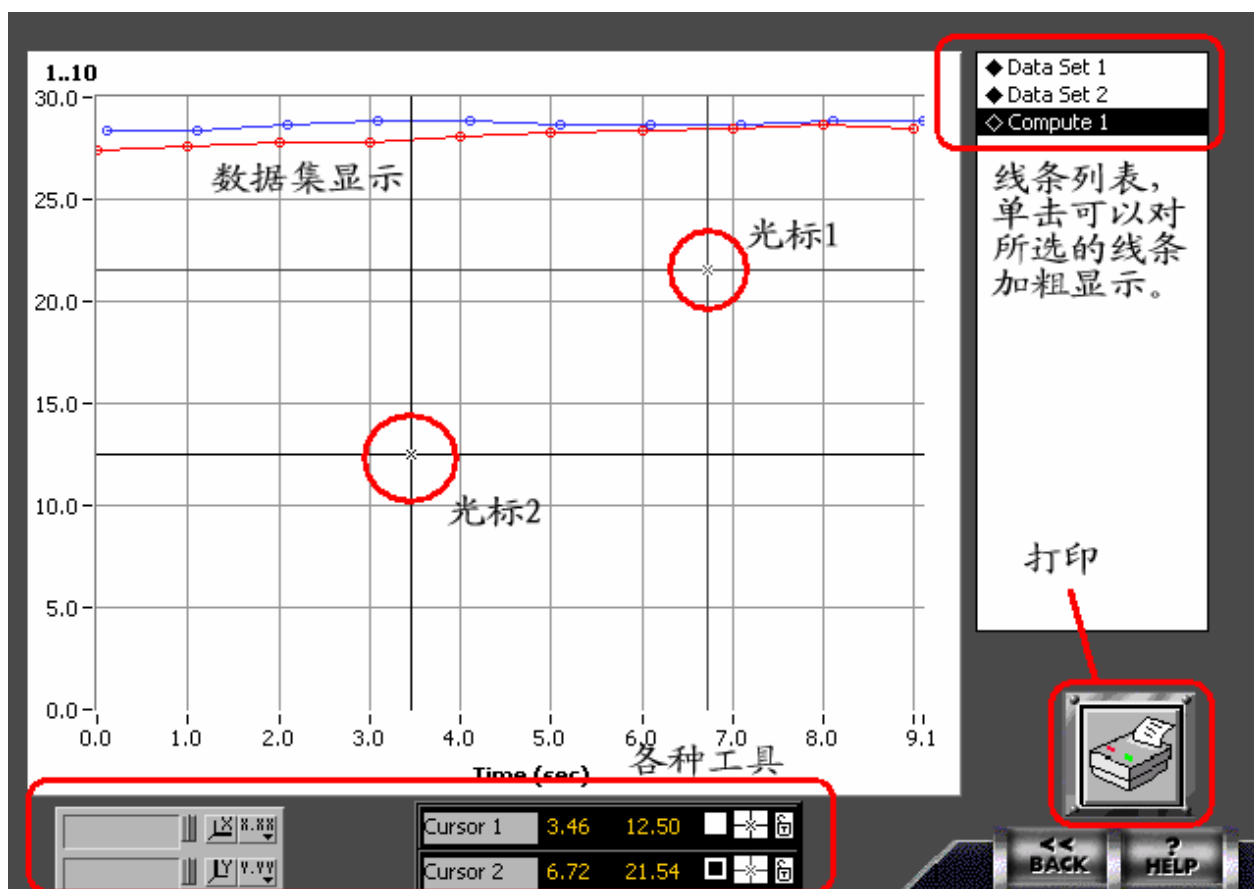
E. 连续缩放，

选择该选项后，在显示区上，按住鼠标左键，波形将以鼠标指针停留的位置为中心连续





地缩放。

6. Zoom plot :

将打开一个图像查看扩展工具窗口，更便于查看、寻找数据点、打印等功能。



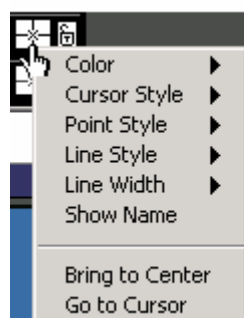
光标1、2是用于定位某一个点，这个光标的坐标显示如下：

Cursor 1	3.46	12.50			光标和线条的属性
Cursor 2	6.72	21.54			光标定位方法

光标2的XY坐标

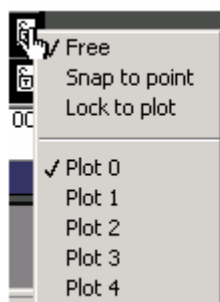
光标1的XY坐标

光标和线条的属性：



Color: 线条和光标的颜色
Cursor Style: 光标的形状
Point Style: 点的形状
Line Style: 线条的形状
Line Width: 线条的宽度
Show Name: 显示光标的名称
Bring to Center: 将光标移到显示区的中心位置。
(轴标系保持不变, 移动光标)
Go to Cursor: 更改轴标系, 将光标定位到中心位置。

光标定位方法：



Free: 自由定位

Snap to point: 定位到最近的任意数据集上的数据点

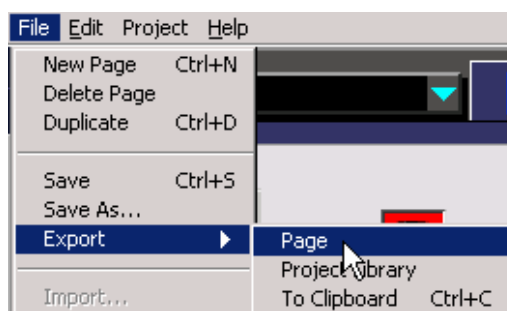
Lock to plot: 仅限于在某个数据集上的数据点上移动

Plot 0-4, 选择数据点所在的数据集

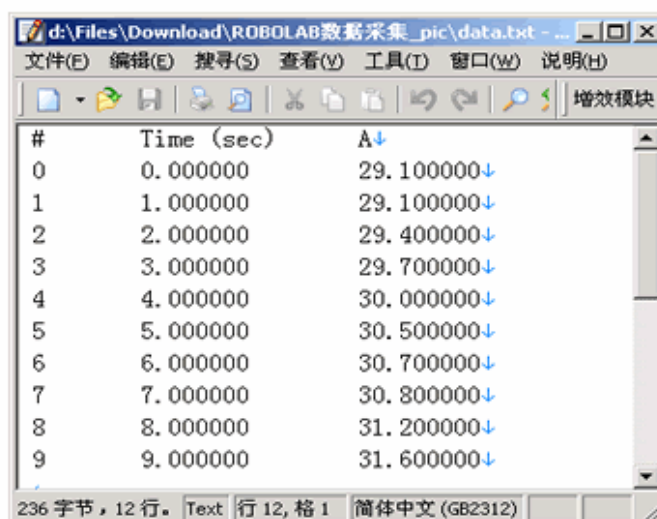
如果处于自由定位状态，图标将显示为一把打开的锁，如果处于其它两种状态，将显示为一把锁住的锁。

Tips: 你可以直接在图上的坐标，直接用鼠标选中需要修改的坐标，输入数据就可以了。

Tips: 如果你希望将数据保存下来，以便于使用其他软件（例如Excel、MATLAB等）处理的话，你可以使用主菜单File->Export->Page，然后填写文件名字，例如“Data.txt”，保存的格式是纯文本格式，你可以使用写字板软件打开或导入到其他软件中。



导出数据

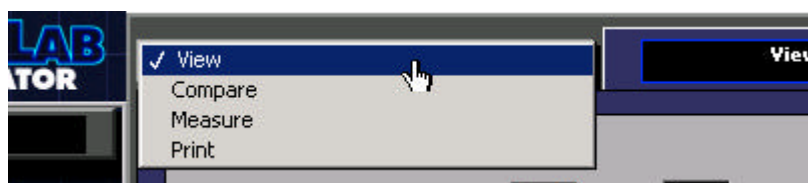


数据保存后打开

2.4：查看与比较 (View and Compare Area)

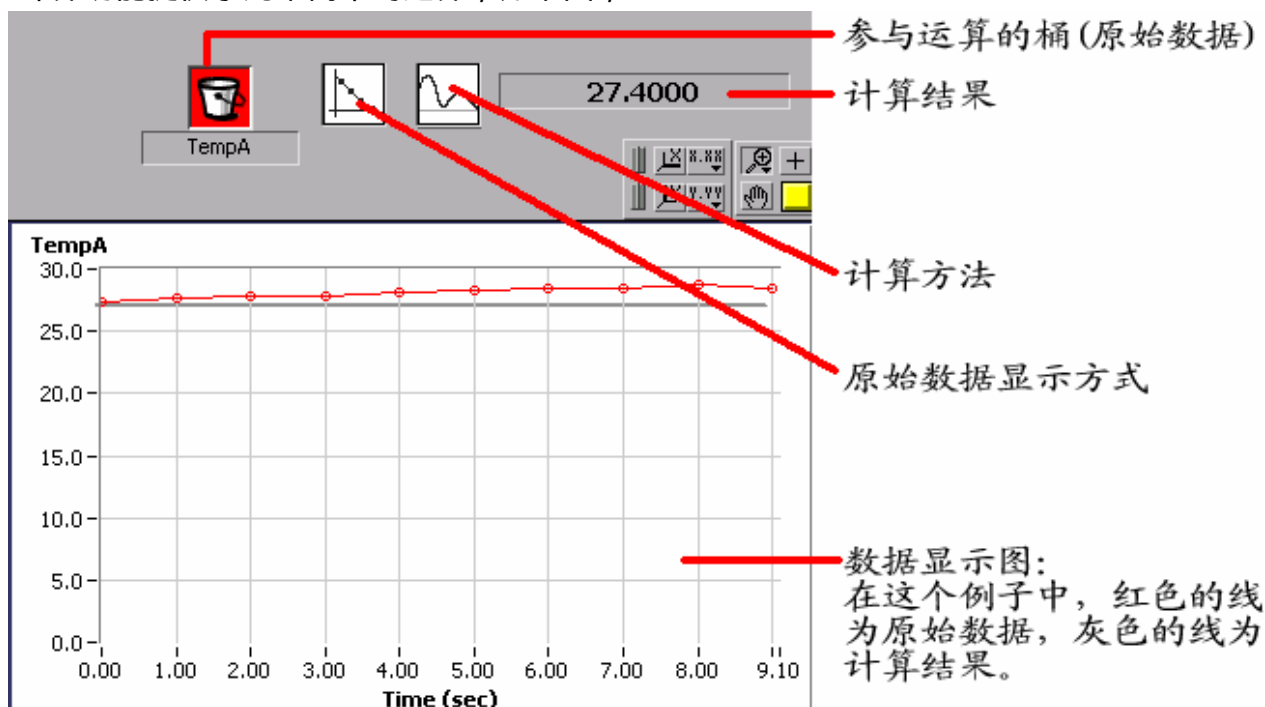
这个区域提供了一些简单数据的处理功能，包括查看 (View)、比较 (Compare)、计算 (Measure)

和打印 (Print) 功能。点击 ，我们可以看到如下画面：

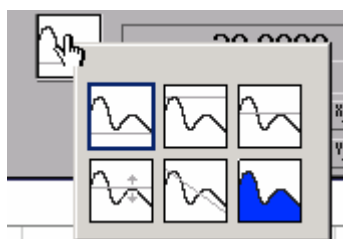


1. 查看功能让你可以查看任一个桶的数据，也可以同时查看所有桶的数据。
2. 比较功能允许你在一个画面中显示2个桶的数据。

3. 计算功能提供了几个简单的运算，如下图，



其中计算方法有六种，如下：




其中，

	Minima	最小值。
	Maxima	最大值。
	Means	平均值。
	Standard Deviation	标准方差。
	Slopes	斜率，所有直线的平均斜率。
	Areas	直线下面所包围的面积。

4. 打印功能让你将数据打印出来，你可以自由设定打印的格式，包括在同一页打印多个数据集等。

2.5：计算 (Compute Area)

这是最重要的一部分，前面部分仅仅将数据采集回来，但是最重要的还是分析这些数据，而这一部分，就是教你如何从数据中获取结果。

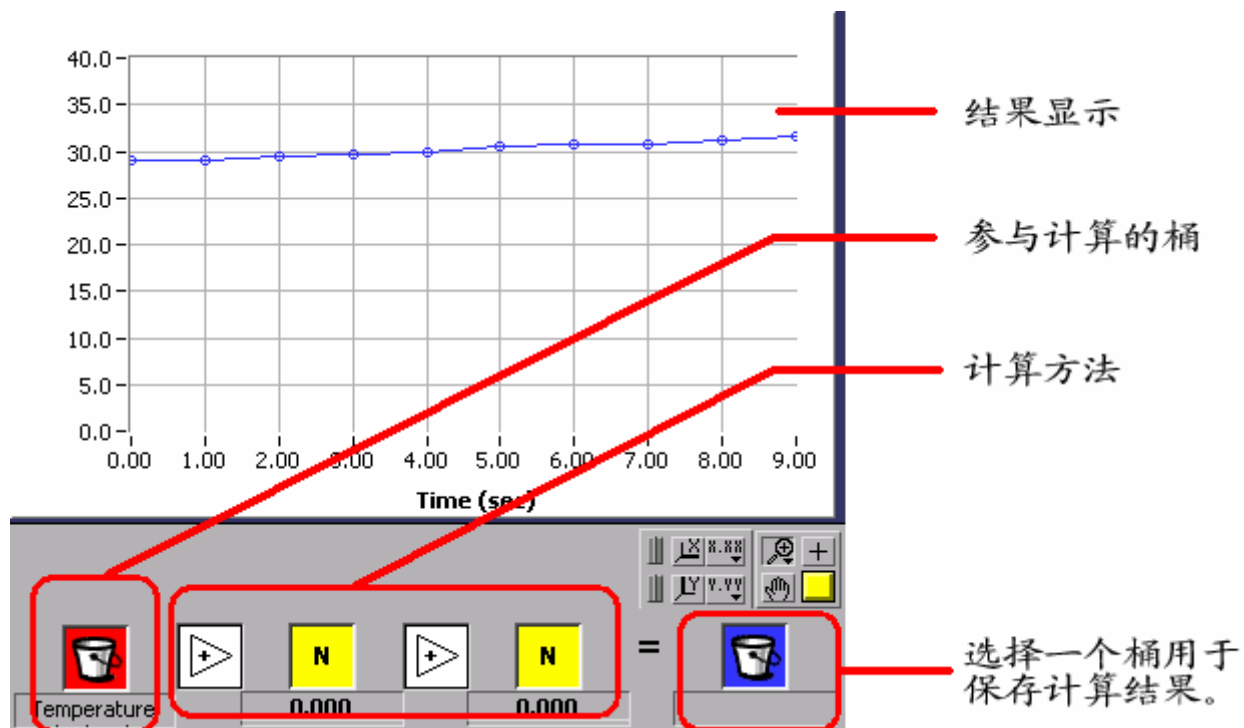
与编程去一样，计算工具也分为5个等级。点击 ，我们可以看到如下画面：



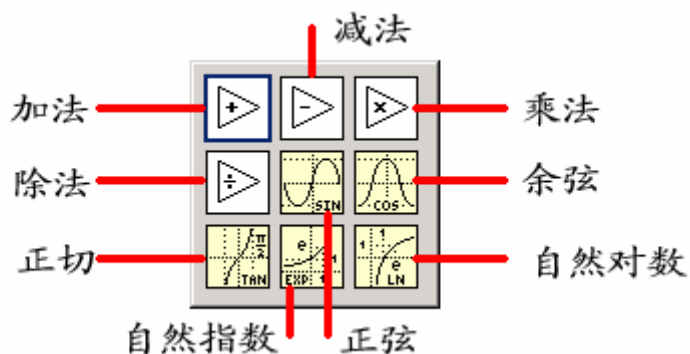
你可以自由选择计算工具的级别，也可以更改页面的名称。

2.5.1 计算工具1


进入我们可以看到如下画面：



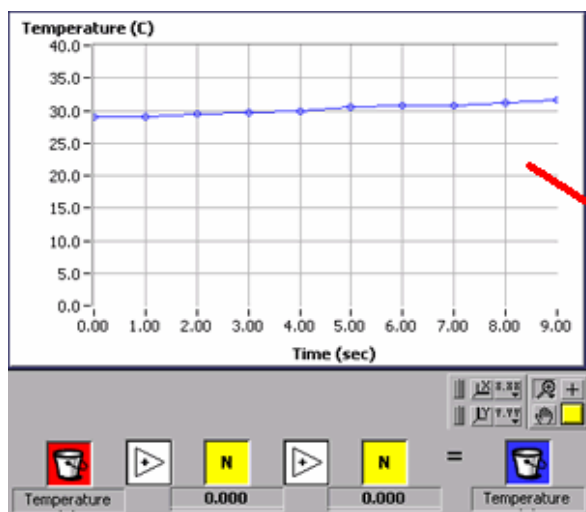
这一级别一共可以进行两次运算，提供了9种计算方法，如下图：



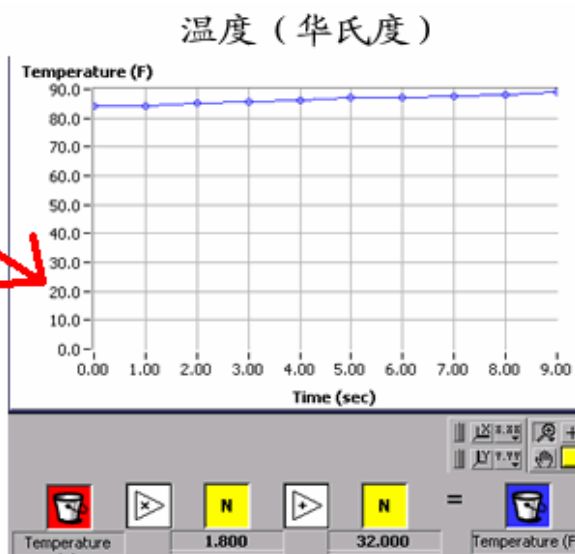


另外，表示数值，大小由此图标下面的方框输入。

下面的例子是将采集回来的温度由摄氏度作单位变为华氏度作单位，其计算公式是 $T(F) = T(C) * 9/5 + 32$ 。



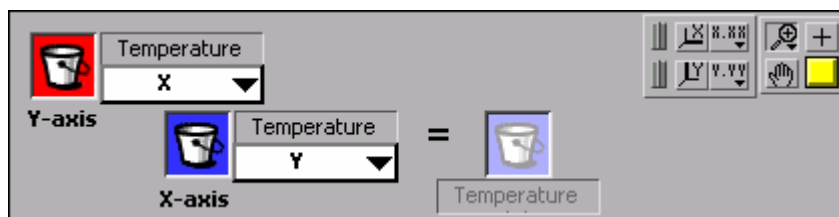
温度（摄氏度）



2.5.2 计算工具2

计算工具2提供了一个很特别的功能，就是XY-Plotting，这个功能可以让你自由选择X轴、Y轴的数据，而不像以前一样，X轴一定为时间，Y轴一定为采集的物理量。在有些场合里，这个功能非常有用，例如我们需要测试一个电机的功率特性（功率相对转速的变化曲线），我们可以使用电压、电流、和转速传感器同时测量，由电压U和电流I可以计算出功率（ $P = U * I$ ），作为Y轴；另外，转速n作为X轴，这样就可以得到电机的特性曲线。

打开计算工具2，我们可以看到：



我们可以选择XY轴的数据，例如上面的设定，就是将红色桶中的X轴数据作为最后结果的Y轴，蓝色容器的Y轴数据作为最后结果的X轴。你可以通过如下菜单分别选择桶和桶内的数据。



选择不同的桶

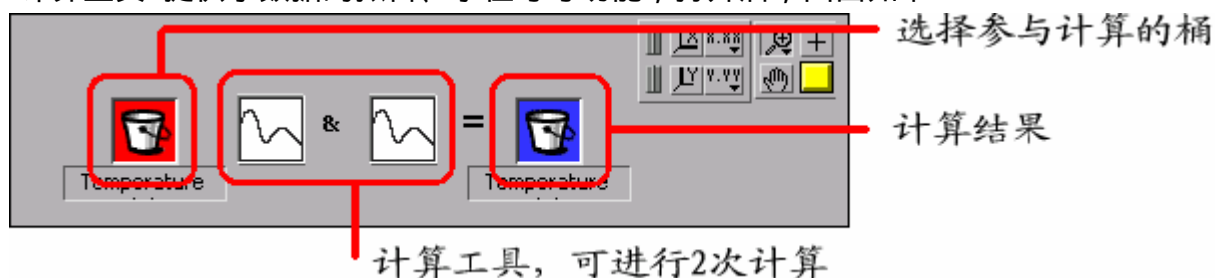


选择桶内的数据

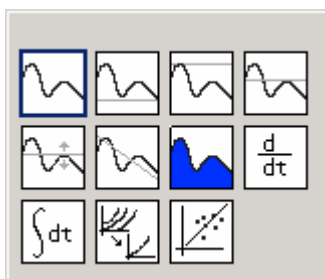
X: 数据集的X轴
Y: 数据集的Y轴
N: 数据集的序号

2.5.3 计算工具3

计算工具3提供了数据的拟合、求值等等功能，打开后，画面如下：



计算工具一共包含了11种计算工具，



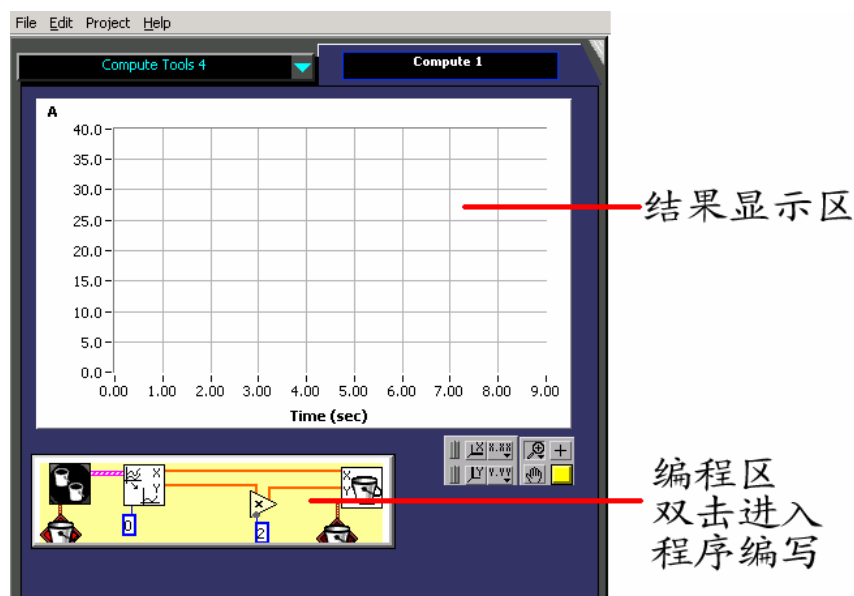
具体功能如下：

	No Change	不做任何修改。
	Minima	最小值。
	Maxima	最大值。
	Means	平均值。
	Standard Deviation	标准方差。
	Slopes	斜率，所有直线的平均斜率。
	Areas	直线下面所包围的面积。
	Differentiate	微分
	Integrate	积分
	Average Lines	求多条线的平均线。要求每一组参与运算的数据集的采样频率一样。其结果就是同一时刻多个点的平均值。
	Fit Lines	直线拟合

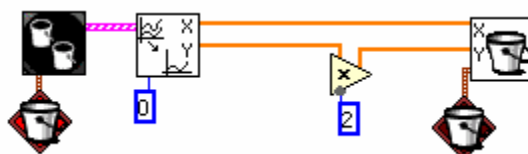
2.5.4 计算工具4和5

计算工具4和5的都需要自行编写代码，计算工具4图标较少，仅提供简单的工具，而计算工具5则提供全的计算功能。下面我们直接介绍计算工具5。

进入计算工具5，我们可以看到如下画面：



双击上图黄色区域，就可以进行程序的编写。让我们先看看默认的一个程序，如下图：



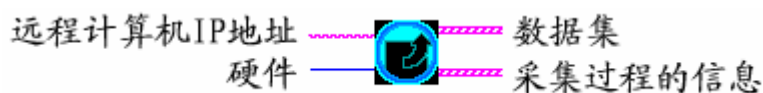
在这个程序中，我们看到一个与RCX编程完全不同的程序，没有绿灯开始和红灯结束。在这里再强调一下，G代码不能与RCX的图标相互混用。因为RCX的图标是需要下载到RCX后运行，而G代码则在计算机上运行。

为了理解这个例子，我们先介绍一下几个常用的图标：

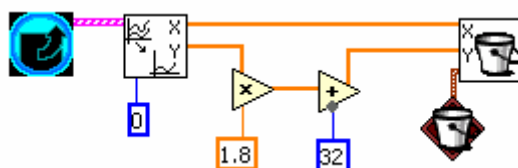
桶 — — 数据集输出 绘图属性	View All	读取在查看页面(View) 中的一个桶或多个桶。	默认为读取红色桶。
数据集输入 — — X轴 数据集编号 — — Y轴 外部数据集	Extract	将数据集X轴和Y轴分割为两个数组。 如果同时采集多个传感器，那么将会得到多个数据集，此时就必须指明数据集的编号，编号从0开始。	默认编号为0，即第一个数据集。
X轴 — — 数据集输出 Y轴 — — 数据集输出 桶	XY Plot	将X、Y轴的数据合并成一个数据集，并绘图。	默认保存在红色桶。

理解了上面的图标，我们就可以知道上面的例子是先读取红色桶里的数据，然后将Y轴数据放大2倍，保存在棕色桶里，并绘出图像。

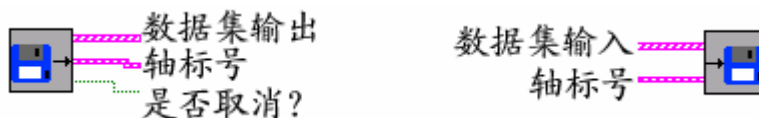
使用G代码处理的数据，一方面可以来自查看页面（View）中的一个桶或多个桶，也可以马上从RCX上传，你可以使用这个图标：



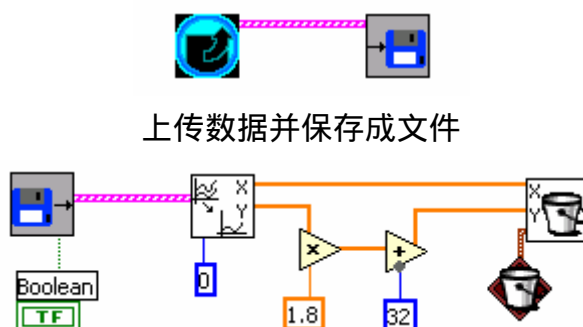
请看一个例子，我们将温度传感器采集回来的温度数据的单位由摄氏度转换为华氏度，并将最后数据保存在棕色的桶中。



另外，我们也可以来源于文件，可以使用这两个图标：



请看下面两个例子，



当我们运行这个程序时，将出现一个文件打开的窗口，你可以打开一个数据文件。如果此时取消，将通过Boolean显示出来。

计算工具5提供了非常强大的功能，这些功能将会在第四部分高级研究者中详细介绍。

数据文件格式

数据文件格式为纯文本，第一行为列名。第一列为标号(#)，第二列为X轴，通常为时间(Time)，后面的列就是Y轴，即采集回来的数据，如下图：

#	Time (sec)	A
0	0.000000	29.100000
1	1.000000	29.100000
2	2.000000	29.400000
3	3.000000	29.700000
4	4.000000	30.000000
5	5.000000	30.500000

Tips: 使用文件保存与打开功能，你甚至可以使用ROBOLAB来处理其它不是RCX采集回来的数据，例如你平时做的一个物理实验，那么你可以将实验数据保存为ROBOLAB所兼容的文件格式，就可以使用ROBOLAB来处理这些数据了。

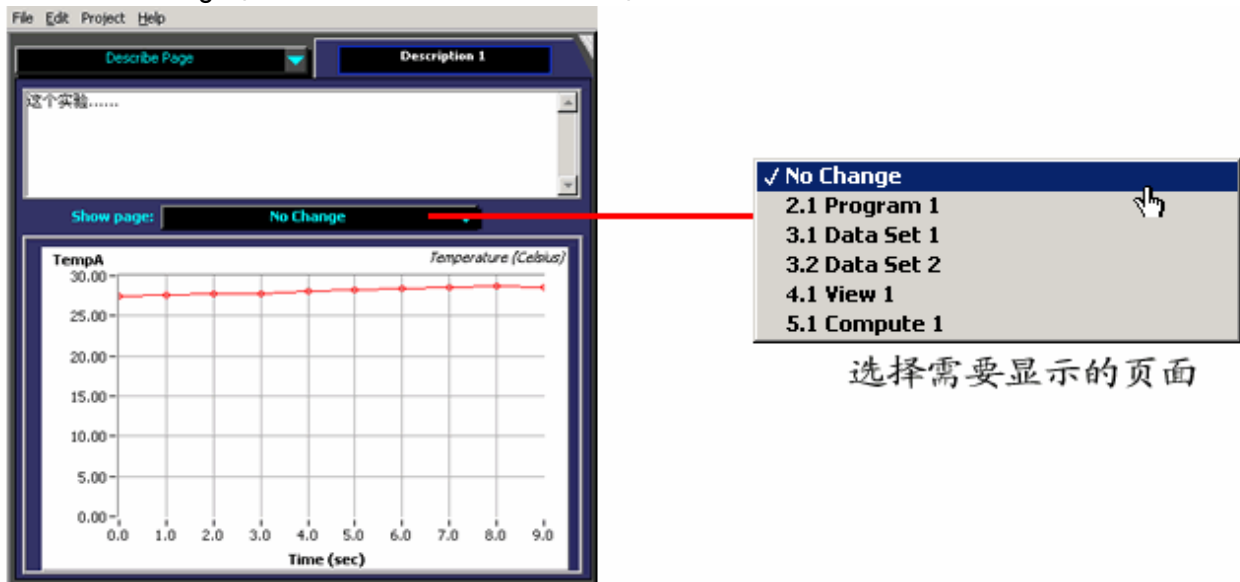
2.6：实验报告 (Journal Area)

我们可以为实验写实验报告、添加图片等。点击 ，可以看到：



可以选择如下功能：

1. Describe Page，整个项目描述的总体结构，包括文字、图片和数据。



2. Describe Project，项目的文字描述，类似我们的实验报告。

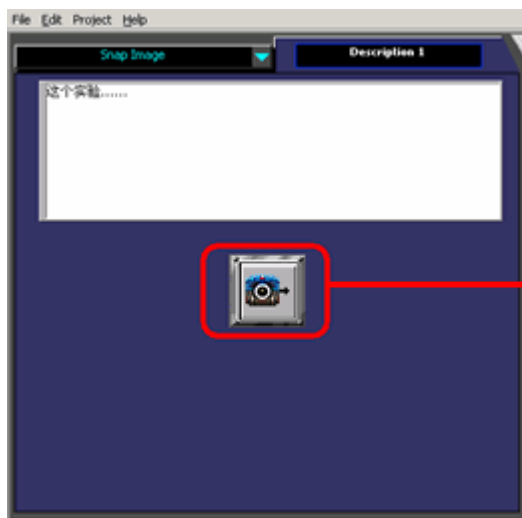
3. Import JPEG

从磁盘中导入一张图片到实验报告中。



4. Snap Image


也可以从摄像头里获取一张图片，作为实验报告的一部分。



从摄像头里获取一张图片到实验报告中。

2.7：出版 (Publish)

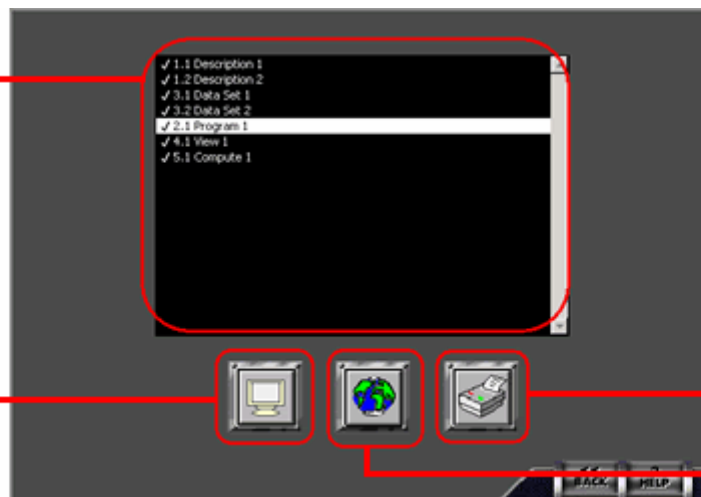


当我们需要将这个实验项目展示给别人时，可以点击，将打开一个窗口：

页面列表

前面打勾的表示已经选中。

播放幻灯片



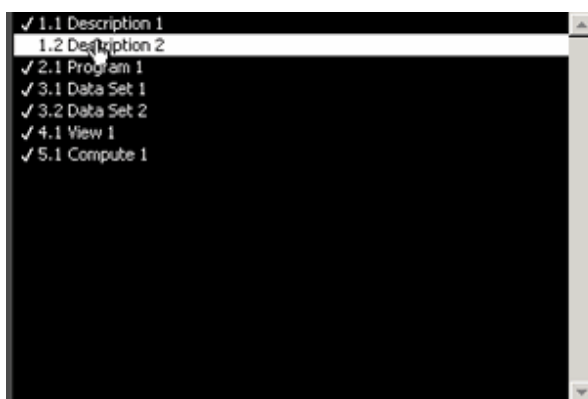
打印页面

自动生成网页

点击Back按钮或按下ESC键可以退出次画面。

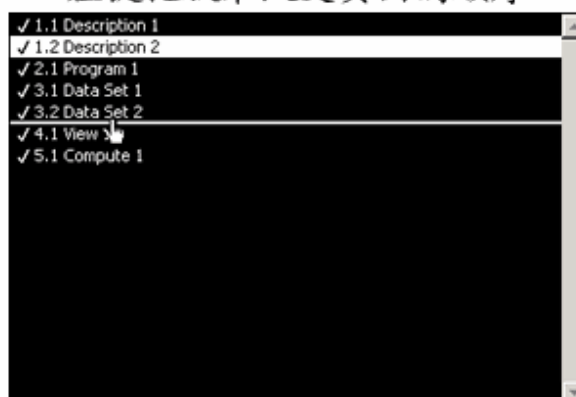
页面管理：

我们可以通过双击列表的某一页面来选中或不选这个页面，也可以通过拖放页面来更改顺序。如下图：



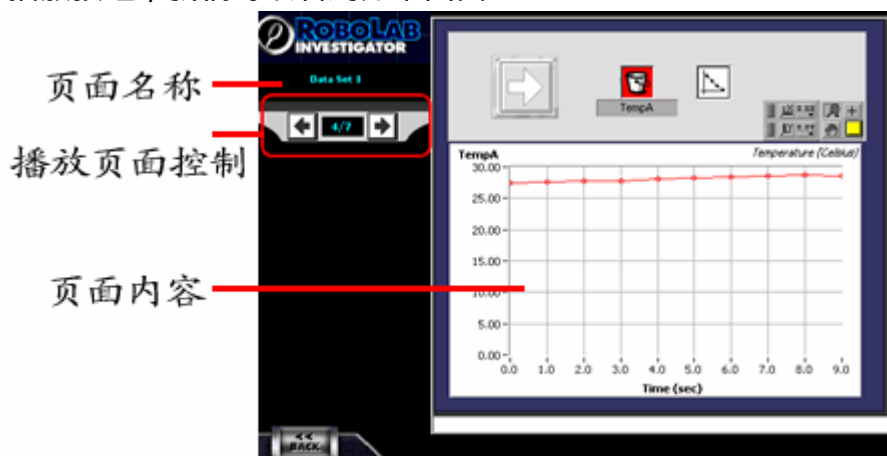
双击添加/删除页面

左键拖放来改变页面的顺序



幻灯片播放：

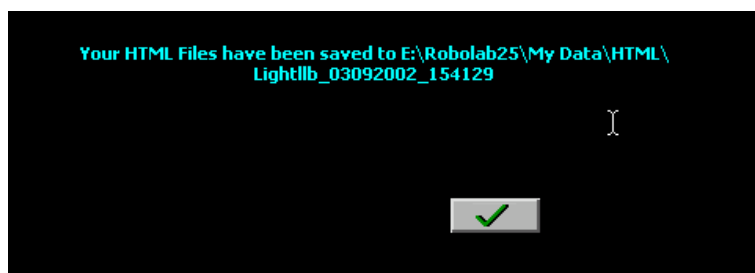
点击幻灯片播放按钮，我们可以看到如下画面：



在这里，可以自由播放各个页面。

自动生成网页：

ROBOLAB可以将你所选的页面自动生成网页。点击网页生成按钮，将自动生成网页，完成后将显示保存的路径（通常为：ROBOLAB安装路径\My Data\HTML\），如下图：



打印页面：

点击打印按钮，将马上将你所选的页面打印出来。

本章总结：

至此，我们已经掌握了应用 ROBOLAB 来开展项目所需具备的所有知识，下面就来开展几个项目。

第三部分 几个实验

3.1：实验一：保温

3.1.1 实验说明

器材要求：

这次活动需要 ROBOLAB 2.0 或更高的版本，红外发射器、RCX，乐高能源套装 9680 和一个温度传感器或 DCP 温度传感器及其适配器。

实验目的：

如果你想要使你的饮料保温，你将用什么样的杯子呢？泡沫、纸的还是用两个杯子套在一起更有用呢？过一会，在杯子上加一个盖子，这将会对保温有什么影响？使用一个 RCX 和一个温度传感器来找出保温最好的杯子。

3.1.2 实验手册

考虑你需要测试的杯子的种类。请在实验报告（Journal Area）中列出所有可能的种类，然后选取三到四种类型作为待测试杯子。

说明一下如何进行测试。在实验报告的新一页里列出实验进行的步骤，需要考虑的事情：

1. 每个杯子需要进行测试的时间？
2. 传感器应该放在什么位置？
3. 何时开始实验，液体起始的温度是多少？
4. 每个杯子里有多少水？

搭建构想：

这次实验需要 RCX、一个温度传感器、不同的杯子和液体。你可以做一个钩子来钩住温度传感器。如果你使用了 DCP 传感器，还需要其适配器。

实验程序设计思路：

编写一个程序来测量杯子里液体的温度。修改编程级别 1 的程序，测定时间为每 10 秒钟一次，一共测 100 个数据。

然后，下载程序。

开始实验：

将传感器放在杯子里，然后加水。确定传感器的顶部被液体浸没，但并不是整个在水里（传感器的使用说明请参考 3.1.4 附加材料），然后运行程序。

在测试过程中，定期用手触摸杯子外壁，有多烫？你可以很舒服地将杯子拿起来吗？

上传数据：

上传数据到电脑中，并标好采集的数据的顺序，以免混乱。多次测试并上传数据。

观察与比较：

使用比较与计算的工具有效分析数据。使用比较工具来比较两组数据。使用计算工具来找出每一

组的最大与最小值。

实验报告：

记下实验所测得的数据。列出最高、最低温度以及不同杯子的温度差别。

然后，得出结论并回答以下问题。

1. 哪个杯子能承受的液体的温度最高？哪一个杯子中的液体冷却的最快？
2. 哪个杯子摸起来较凉？哪些不？
3. 哪个杯子用来装热咖啡？为什么？
4. 如果你在设计一个最好的装热咖啡的杯子，除了隔热性还要考虑什么因素？

实验总结：

列出实验得到的结果，包括以下部分：集体讨论部分、实验步骤、程序部分、数据部分，比较部分，结论部分。

3.1.3 教师手册

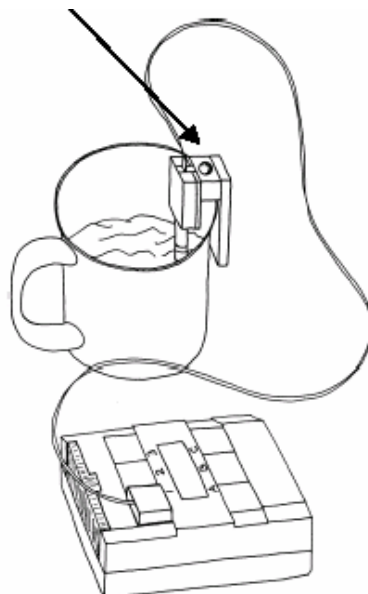
学习目标：

学生将学习到：

1. 如何使用计算机来采集数据、制作图表、分析数据。
2. 在实验中，每一次试验仅仅更改一个参数是非常重要的。
3. 热量会传递。
4. 通过实验数据的分析，能优化某些性能（例如找到绝热效果最好的杯子）；
5. 要找出最好的设计需要权衡所有的因素；
6. 传热与绝热的重要性。

搭建提示：

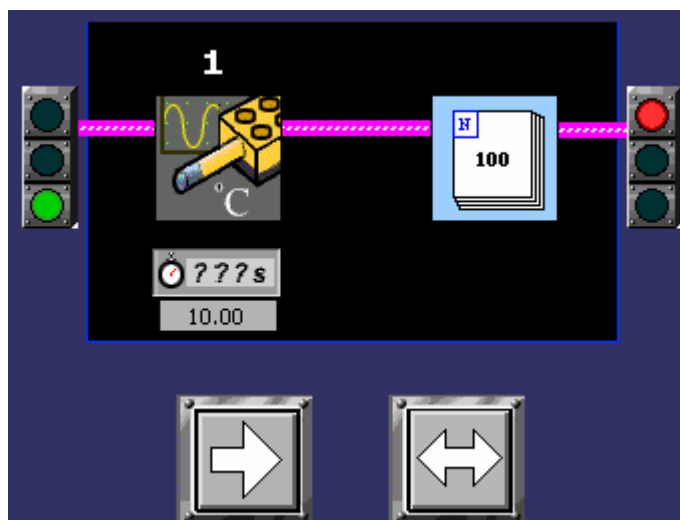
这次实验需要 RCX、一个温度传感器、不同的杯子和液体。学生可以搭建一个钩子钩在杯子上来杯在杯子上，如下图：



编程提示：

这次实验比较适合初学者。下面是修改编程级别 1 得到的程序，在程序中，设定取样的时间

为 10 秒钟一次，一共采集 100 组数据。



实验步骤：

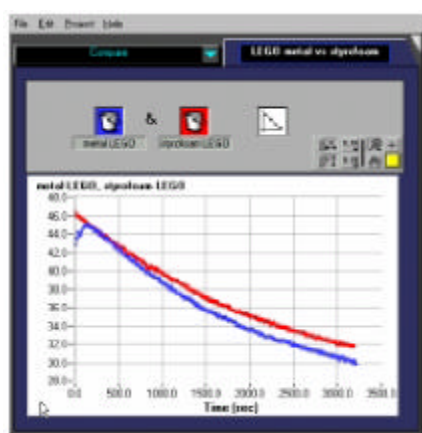
这次实验能够按多种方式进行。一种方式是每一个小组独立进行实验。另一种方式是分成一个大组，按照需要实验的杯子的数目而进行，每个小组测试二个或三个杯子，实验后，将数据汇总。

可供检测的杯子的材料有泡沫、纸、两个杯子叠在一起、陶瓷、玻璃、金属或者绝缘杯。尽可能选用同样大小、形状的杯子。顶部密封的罐子可以用来检测材料。检测杯子可以有盖子、也可以没有。

在决定实验步骤之前，学生必须非常熟悉实验的设计思路。他们必须尽可能地保证每次试验仅仅改变杯子的材料，其它参数需要保持不变。这些参数包括：

1. 水的初始温度；
2. 杯子内的探针的位置；
3. 杯子的形状；
4. 杯中液体的容积；
5. 在整个测试中，杯子的位置；
6. 传感器伸进杯子中的长度。

如果按第二种方式实验，必须保证各组实验都应遵守以上的实验步骤。



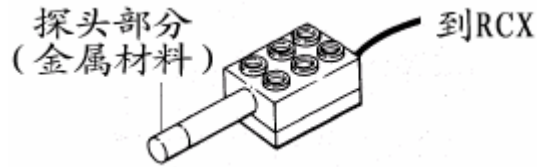
使用乐高温度传感器做实验得到的两组数据：

Tips: 在实验中泡沫杯子（隔热性能好）与金属杯子（隔热性能低）的温降的速度的差别尽管明显，但并不悬殊。这是因为大多数的热量都通过对流带走，在没有杯盖的时候特别明显。

3.1.4 附加材料

乐高温度传感器的使用：

乐高传感器的测量范围为-20 到 50 度，形状如下图，使用中确保温度传感器探头部分进入被测物体，而积木部分不能浸在水中。



由于乐高传感器最高只能测量到 50 度，所以不能使用它来测量温度极高的液体。在这次活动中，尽可能使用的接近于 50 度水以获得更大的温差，尽管如此，不同杯子的温差仍然非常小（小于 1 度），这同样因为对流传热的影响。如果你使用乐高温度传感器，最好使用带有盖子的杯，这样可以减少杯口对流的影响，增大不同杯子之间的差别。

注意：在实验中，一定要确保液体远离马达，导线以及 RCX，以免短路和零部件被损坏。

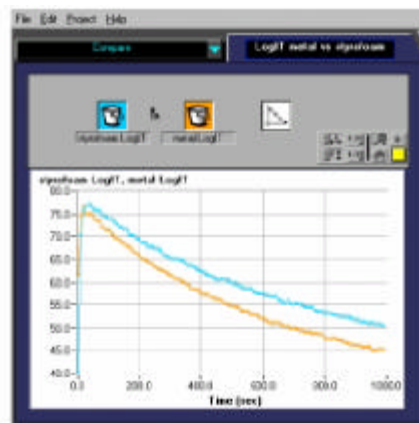
DCP 温度传感器的使用：

DCP 温度传感器需要与 DCP 适配器相连，才能安装在 RCX 上，推荐的测量范围是从-30 摄氏度到 130 摄氏度，形状如下图，前面细长部分就是探头。



在本次实验中，液体的初始温度越高，不同杯子的冷却过程产生差异就越大。如果使用快沸腾的水来做实验，不同的杯子差别可达几度。

注意：使用温度较高的水做实验，一定要小心操作，以免造成人员受伤。



使用 DCP 温度传感器做实验得到的两组数据：

DCP 传感器工作原理与某些传感器有所不同，它测量的温度越高，我们在 RCX 的 LCD（可以通过 View 按钮选择）上读到的数值反而越小。在本次实验中，当温度下降的时候，用 RCX 显示的数值是上升而不是下降。

问题答案：

1. 哪个杯子能承受的液体的温度最高？哪一个杯子中的液体冷却的最快？

答：由杯子的材料而定。泡沫的杯子比金属杯子好。

2. 哪个杯子摸起来较凉？哪些不？

答：金属杯不易拿，泡沫的容易拿。

3. 哪个杯子用来装热咖啡？为什么？

答：由所测试的结果来定。

4. 如果你在设计一个最好的装热咖啡的杯子，除了隔热性还要考虑什么因素？

答：包括成本、外部的冲击、坚固程度、外观、以及溢出的可能性。

3.2：实验二：阳光寻觅者

3.2.1 实验说明

器材要求：

这次活动需要 RoboLab 2.0 或更高的版本，红外发射器和电缆，RCX，eLAB 套件，#9680 和 #9681。

实验目标：

搭建一辆小车，它可以跟踪光线，并用太阳能电池板产生电能来为电容充电。在电容充电后，必须能驱动车辆至少几秒钟。当车辆停下来时，需要对电池重新充电，如何保证车辆在任何时候停下后，太阳能电池板能正对太阳。

3.2.2 实验手册

如何做：

这里有一个解决方案，使用了一个触动传感器和一个光线传感器。对车辆进行编程，使它向前运动，当触动传感器按下时，车辆停止，并慢慢转动来寻找最亮的光线。一旦车辆找到了哪个方向光线最亮，它将转动到这个方向，然后停下来。

搭建提示：

车辆使用两个装在后轮的马达来驱动，RCX 装在车辆上面。你的车辆应该可以自由地左右转动。提示：前面的两个轮子应该安装在不同的轴上，这样可以以不同的速度转动，也可以在前面只使用一个轮子，就像一辆三轮车。安全地在车辆上面安装太阳能电池板，添加一个触动传感器来控制车辆停止，添加一个光线传感器来寻找最亮的光线。

编程提示

在编程时，你需要给你的车辆一系列的指令让它能侦测到哪个方向的光线最亮，并且在最亮时停下来。用于完成一个任务的一系列的指令成为一个算法。

这里提供了一个可行的算法：让车辆一直随着光线传感器的值增加而转动（也就是光线一直在变亮），一旦光线传感器的值减小，车辆转到先前的位置并停下来。这个算法的优点的非常简单，但也有缺点，你能想出它的缺点吗？

你能想出其它用来找出最亮光线并停在哪里的算法吗？



在你编程之前，集体讨论在车辆转动时能用来测定哪个方向的光线最强的方法，在转动整整一圈时，控制车辆回到光线最强的地方。

为你的计算机程序选择算法。你可以使用上述简单的算法或你自己的算法。

实验报告：

在实验报告添加图片来展现你的太阳能电池板车。并解释你用来寻找最亮位置的算法。

编程：

使用编程水平 4 来编写程序。你可以使用容器来保存光线传感器读到的值。为了用当前的值跟前面的值作比较，我们使用了光线传感器分支 (Light Sensor Fork)，与保存前面值的容器相连，来作比较。

下载程序到车上，并运行，如果你的程序没有按照你的想法来工作，修改程序并重试。

上传：

一旦你的车辆和程序让你满意，就可以将数据上传到计算机里。

编程：

编写一个简单的初学者程序 (Pilot program)，在车辆转一圈时，每百分之一秒读一次光线传感器的值，运行程序来收集数据。

上传：

在上传数据画面了添加以新的页面，上传这个初学者程序 (Pilot program) 收集到的数据。分析这些数据，检查车辆是否找到最亮的光线。

注意：如果你使用如下算法：让车辆转动整整一圈，然后回到最亮的位置。那么，你只需要比较第一和第二次转动采集到的数据就可以看出是否找到最亮的光线。

查看：

读 RCX 上的显示屏，与前面的初学者程序 (Pilot program) 采集的数据作比较。你的车辆找到了最亮的光线吗？

实验报告：

写出你的实验总结，回答如下问题：

1. 你的车辆找出了最亮的光线吗？
2. 如果你有更多的时间，你如何改进你的车辆和程序呢？

演示：

编写你实验的演示文稿，包含：描述车辆和算法的笔记，程序页，数据页，总结页。

3.2.3 教师手册

学习目标：

学生可以学到：

1. 如何编写含有传感器的程序。
2. 什么是算法？为什么它很有用？



3. 通过实验，可以优化一个值（例如光线强度）。
4. 传感器读到的值为控制一个装置的动作提供一个反馈。

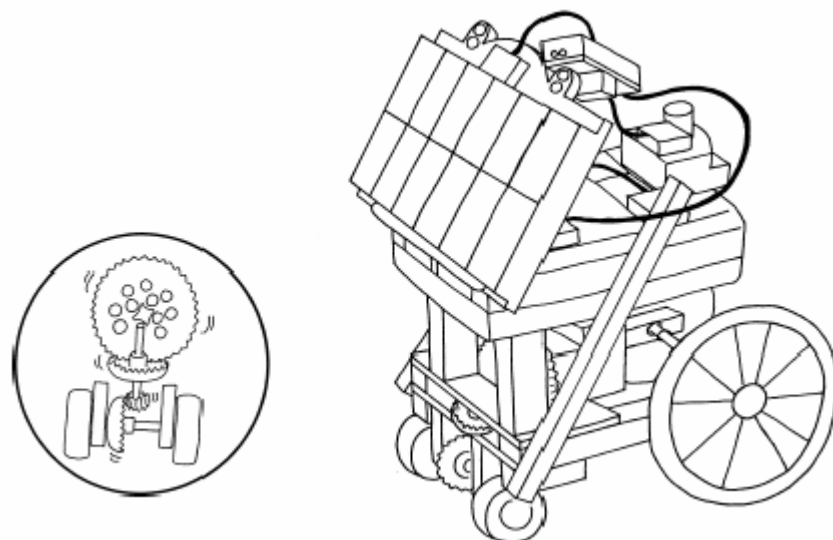
讨论：

可以使用不同的方式来开展这次活动。例如：学生可以给出建造车辆的平面图，然后集中精力编程。或者，可以给学生一个或更多的算法来编程和测试，而不是要学生自己发明算法。

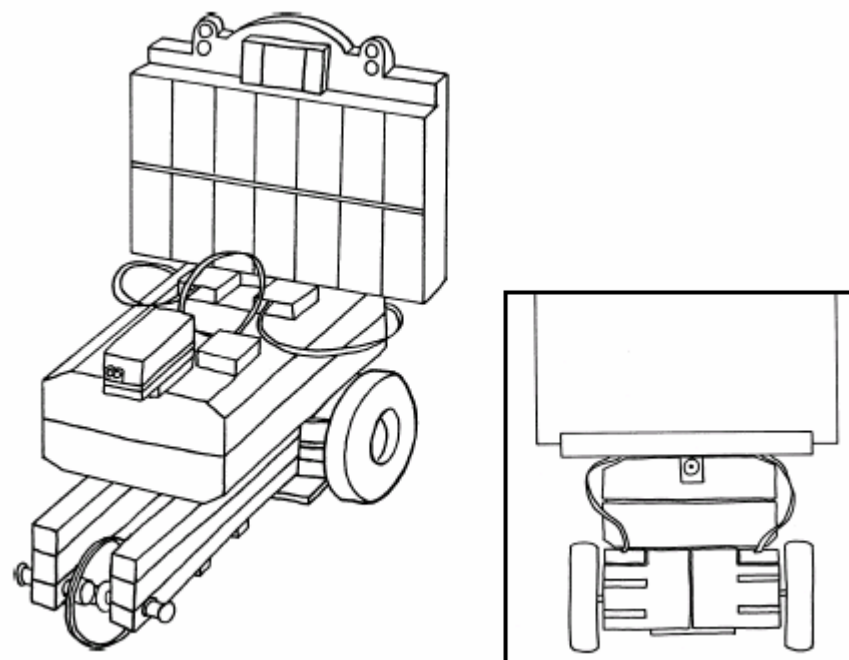
搭建提示：

这两车可以使用一个或两个马达，但必须保证车辆可以向前和转弯。

这是一辆使用一个马达的车辆：



如果有多余的马达，学生可以设计他们自己的双马达车，下面给出一个例子。

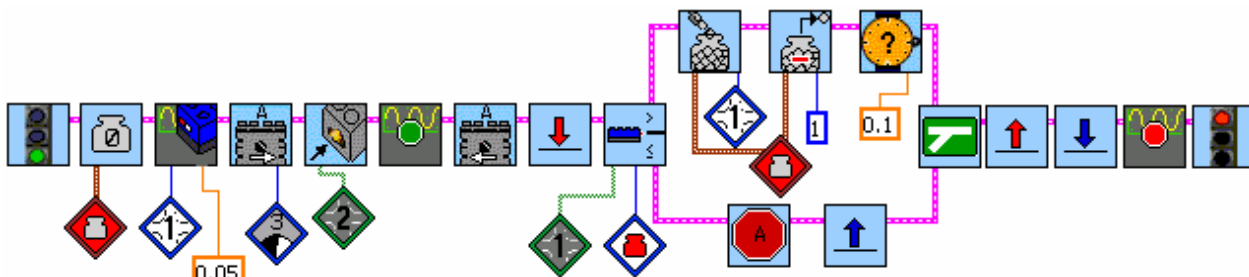


编程提示：

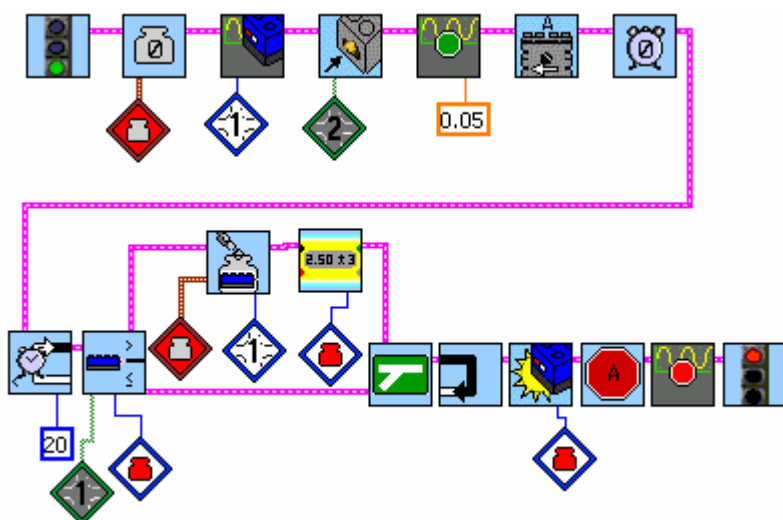
在学生手册中的简单算法对学生而言非常容易理解和编程。但是，它可能令车辆在不是最亮的地方停下来，这是因为这个算法仅仅找出某区域的最大值，并不是整一周的最大值。

如果你选择让学生来开发它们自己的算法，你可以让学生在课堂上想出各种算法，给在编程之前讨论各种算法的优缺点。

这里有一个使用简单算法的可能的方案：车辆转动，直到光线变暗时停下，然后车辆回到先前的位置。



编程如下，本程序使用了计时器分支 (Timer Fork)，在研究者编程级别 5 中才有。另外，需要不停调试，才能实现车辆旋转 360 度。



下面程序命令 RCX 在每 0.05 秒钟读一次光传感器的值，直到按下安装在端口 2 的触动传感器。

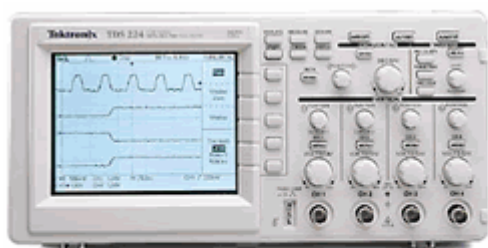
第四部分 高级研究者

4.1：虚拟仪器

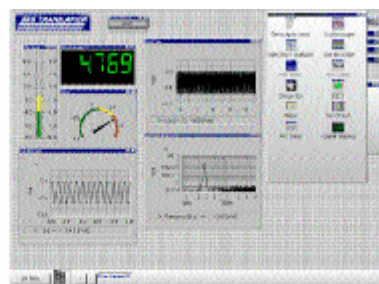
4.1.1 虚拟仪器的基本概念、构成及其特点

传统的测量仪器主要由三个功能块组成：信号的采集与控制单元、信号的分析与处理单元、结果的表达与输出单元。由于这些功能块基本上是由硬件或固化的软件形式存在，仪器只能由生产厂家来定义、制造，因此传统仪器设计复杂、灵活性差，没有摆脱独立使用、手动操作的模式，整个测试过程几乎仅限于简单地模仿人工测试的步骤，在一些较为复杂和测试参数较多的场合下，使用起来很不方便。

计算机科学和微电子技术的迅速发展和普及，有力地促进了多年来发展相对缓慢的仪器技术，于是一个新型的仪器概念——虚拟仪器 (Virtual Instrument, VI, 留意一下，ROBOLAB保存文件的扩展名也是vi) 出现了。虚拟仪器是计算机技术介入仪器领域所形成的一种新型的、富有生命力的仪器种类，在虚拟仪器中计算机处于核心地位，计算机软件技术和测试系统更紧密地结合成了一个有机整体，仪器的结构概念和设计观点等都发生了突破性的变化。从构成上来说，虚拟仪器就是利用现有的计算机，配上相应的硬件和专用软件，形成既有普通仪器的基本功能，又有一般仪器所没有的特殊功能的高档低价的新型仪器。在使用上来说，虚拟仪器利用PC计算机强大的图形环境，建立界面友好的虚拟仪器面板（即软面板），操作人员通过友好的图形界面及图形化编程语言控制仪器运行，完成对被测试量的采集、分析、判断、显示、存储及数据生成。



传统仪器
(示波器)



虚拟仪器的硬件和软件

虚拟仪器技术的实质是充分利用最新的计算机技术来实现和扩展传统仪器的功能。虚拟仪器的基本构成包括计算机、虚拟仪器软件、硬件接口模块等。其中，硬件接口模块可以包括插入式数据采集卡 (DAQ)、串/并口、IEEE488接口 (GPIB) 卡、VXI控制器以及其它接口卡。目前较为常用的虚拟仪器系统是数据采集卡系统、GPIB仪器控制系统、VXI仪器系统以及这三者之间的任意组合。在这里，硬件仅仅是为了解决信号的输入输出，软件才是整个系统的关键。正由于软件是虚拟仪器的关键，所以当基本硬件确定以后，就可以通过不同的软件（如用于数据分析、过程通讯及图形用户界面的软件）实现不同的功能。虚拟仪器应用软件集成了仪器的所有采集、控制、数据分析、结果输出和用户界面等功能，使传统仪器的某些硬件乃至整个仪器都被计算机软件所代替。因此从某种意义上可以说：软件就是仪器。用户可以根据自己的需要，设计自己的仪器系统，满足多种多样的应用要求。利用计算机丰富的软、硬件资源，可以大大突破传统仪器在数据的处理、表达、传递、储存等方面的限制，达到传统仪器无法比拟的效果。它不仅可以用于测量、测试、分析、计量等领域，而且还用于进行设备的监控，用于工业过程自动化。

与传统仪器相比，虚拟仪器的特点在于：

1. 打破了传统仪器的“万能”功能概念，将信号的分析、显示、存储、打印和其它管理集中交由计算机来处理。由于充分利用计算机技术，完善了数据的传输、交换等性能，使

得组建系统变得更加灵活、简单。

2. 强调“软件就是仪器”的新概念，软件在仪器中充当了以往由硬件甚至整机实现的角色。由于减少了许多随时间可能漂移、需要定期校准的分立式模拟硬件，加上标准化总线的使用，使系统的测量精度、测量速度和可重复性都大大提高。
3. 仪器由用户自己定义，系统的功能、规模等均可通过软件修改、增减，可方便地同外设、网络及其它应用连接。虚拟仪器通过提供给用户组建自己仪器的可重用源代码库，处理模块间通讯、定时、触发等功能，强调在通用计算机平台的基础上，通过软件和软面板，把由厂家定义的传统仪器转变为由用户定义的、由计算机软件和几种模块组成的专用仪器。虚拟仪器的出现，彻底打破了传统仪器由厂家定义、用户无法改变的模式，给了用户一个充分发挥自己能力和想象力的空间。
4. 鉴于虚拟仪器的开放性和功能软件的模块化，用户可以将仪器的设计、使用和管理统一到虚拟仪器标准，使资源的可重复利用率提高，系统组建时间缩短，功能易于扩展，管理规范，使用简便，软/硬件生产、维护和开发的费用降低。虚拟仪器既可以作为单台数字式测试仪器使用，又可以构成较为复杂的测试系统，甚至通过高速计算机网络构成分布式测试系统，进行远程监控及故障诊断。此外，用基于软件体系结构的虚拟仪器系统代替基于硬件体系结构的传统仪器，还可以大大节省仪器购买、维护费用。

目前，虚拟仪器在那些发达国家中设计、生产、使用已经十分普及。在美国虚拟仪器系统及其图形编程语言，已作为各大学理工科学生的一门必修课程。在我国虚拟仪器设计、生产、使用也起步，我国有几家企业在研制PC虚拟仪器，产品已达到一定的批量。国内专家预测：未来的几年内，我国将有50%的仪器为虚拟仪器。届时，国内将有大批企业使用虚拟仪器系统对生产设备的运行状况进行实时监测。随着微型计算机的发展，各种有关软件不断诞生，虚拟仪器将会逐步取代传统的测试仪器而成为测试仪器的主流。

4.1.2 虚拟仪器系统引入实验教学

实验是教学活动中一个必不可少的过程，尤其是对于理工学科体系的一些学科，例如物理、化学、计算机组成结构等等实践性很强的学科，实验教学环节对学好这些课程更是至关重要。学生只有通过足够的验证性实验和一定数量的综合性实验，才能真正理解和掌握该学科的理论知识，才能获得一定的综合测试技能和实验能力，并初步具有处理实际测试工作的能力。因此，充实实验内容，增开综合性实验项目，进一步加强实验室建设，不断改革实验教学是十分必要的。众所周知，仪器是实验的基础，要保证这些综合性测试实验的开设质量，就要同时购置多套先进而昂贵的仪器。一个传统的实验要使用多种仪器，而且不同实验所用的仪器也不尽相同，如果开设综合性实验所需仪器更多，这么多的仪器不仅价值昂贵，体积大，占用空间多，而且相互连接也十分麻烦。如何更合理地配置教育资源，解决好资金投入与人才培养之间的矛盾，是学校开展实验教育经常需要考虑而又是伤脑筋的问题。

对于远程教育机构来说，因办学经费有限，上述矛盾显得更突出。对于远程教育来说更重要的是另一方面的矛盾，那就是相对于可以远程进行的理论教学模式而言，传统实验教学模式是近距离性的，但由于教学机构与学习者在空间上分离，学习者到学校实验室做近距离的现场实验总是相当困难，当然也不可能在每个学习者所在处（如企业、家庭等）建立实验室，这样就产生了在远程教育中实验教学与远程教学模式不适应的状况，并已经成为了制约远程教育质量的一个重要因素。如何处理远程教学有关实验方面的教学内容，远程学习者如何远程接受实验方面的训练，这可能在远程教育中要算最具挑战性的课题之一了。

由于虚拟仪器的硬件是以通用微型计算机为基础的，而计算机是进行现代远程教学的普遍工具，因此我国普通高校和远程教育机构的实验室一般都拥有相当数量的通用计算机，只要购买一定的仪器模板以及相应的软件，就可以构成足够数量的虚拟仪器供学生使用。另一方面，在同一

台计算机上,通过操作者的不同的定义,可以虚拟出不同的仪器,各仪器之间还可以通过不同的窗口进行切换,因此实验室无需配备各种传统仪器,可以通过软件设计使虚拟仪器和实验室设备不断更新。学生在计算机上操纵各种虚拟仪器进行实验,就如同是在操作传统仪器一样有效,与在真实实验室的现场实验做出的实验结果是一样的。这样,使用基于虚拟仪器系统的虚拟实验来代替实际现场实验,能很好地解决上述实验教学的矛盾,而且又符合现代测试技术和实验技术的发展方向。

虚拟仪器有这样的特点,它引入实验教学就具有必要性、可行性和优越性,因此,基于虚拟仪器系统的虚拟实验是我国普通高校和远程高等教育的实验教学中易于构建、可以推广的模式。另外,在远程教育的环境中,通过虚拟仪器提供的手段还可以进一步使得一些实验现象能通过计算机在网络中模拟,从而在网络中建立一个虚拟的实验环境,这样能够使远程教育的实验教学远程化,远程教育的学习者不必担心缺乏实验条件,也不必为做实验到处奔波,他们通过网络中的基于虚拟仪器的虚拟实验环境,同样能够“身临其境”的观察实验现象和进行“实际”操作,甚至和异地的学习者合作进行实验。这对现代远程教育具有十分重要的意义。结合ROBOLAB的虚拟仪器能力和互联网能力,我们也可以建立远程实验室。

4.1.3 基于虚拟仪器的虚拟实验的实施

虚拟仪器在实验教学中最简单的应用就是代替常规的仪器,如函数发生器、示波器、万用表等。比如实验者在实验中采用虚拟仪器,实现信号发生及波形记录,可取得较好的效果。用计算机虚拟出的函数发生器产生实验所需的激励信号,其波形、频率、幅值等完全能代替常规的仪器使用。而用计算机虚拟出的示波器,不仅具有常规示波器的功能(如测量实验电路对激励信号的响应),还可同时显示、记录、存储和打印多通道输入的波形,对存储的曲线可通过“回放”功能显示在屏幕上,“回放”速度可调,“回放”过程可暂停波形扫描,以便能更清楚地观察波形的变化,所存储的曲线可以在任何时间打印输出,学生可以及时进行数据处理,观察和分析实验结果,从而提高了学生的实验兴趣、实验效果和效率。两种仪器通过窗口进行切换。函数发生器发生的波形、频率、占空比、幅值、偏置等或示波器的测量通道、标尺比例、时基、极性、触发信号(沿口、电平、类型)等都可用鼠标器或按键进行设置,如同常规仪器一样使用。不过,虚拟仪器具有更强的分析处理能力,而且,用户重新定义后,它又能变成数字万用表、温度计或频谱分析仪等不同的仪器仪表。

为了确保实验教学的顺利进行,基于虚拟仪器的虚拟实验可分四个阶段予以实施。第一阶段,在充分利用现有的计算机资源的基础上,购买所需的仪器模块和软件(如LabVIEW, DT Measure Foundry),由教师编写程序,以实现现有仪器设备的模拟。这样有效增加了实验设备的数量,从根本上改善学生实验条件,保证实验教学质量。第二阶段,学生可以充分利用计算机软件对数据采集、储存、分析、处理、传输及控制的强大功能,在同一台PC机上虚拟出数十台仪器,如智能信号发生器、数字存储示波器、频谱及信号分析仪、数字电压表和噪声测试仪等。把这些虚拟仪器应用到实验教学中去,以取代常规仪器。学生还可根据实验要求,自行设计各种软面板,定义仪器的功能,并以各种形式表达输出检测结果,进行实时分析。第三阶段,增加综合性实验项目,并鼓励学生选做设计型实验。要求学生自己选题,拟订方案,编写程序,设计虚拟仪器检测系统。第四阶段,组织科研小组,在原有的仪器模块上进行二次开发,拓宽其应用范围,将其用于设备的监控,用于工业过程自动化等。一方面设计和构建新的虚拟仪器,另一方面全面带动高校的教学、科研上质量。对于学生实验教学而言,第二阶段的内容是学生在实验中应当达到的虚拟实验的基本要求和效果。

目前应用虚拟仪器来进行实验教学已实际启动,一些发达国家的高等学校已将虚拟仪器作为常规的实验仪器在学生实验中应用,如美国的斯坦福大学的机械工程系要求三、四年级的学生在实验时应用虚拟仪器进行数据采集和实验控制,在我国也已有部分院校的实验室引入了虚拟仪器

系统,如上海复旦大学、上海交通大学、广州暨南大学、华中理工大学、四川联合大学等。近一、两年来这些学校在原有的基础上,又开发了一批新的虚拟仪器系统用于教学和科研。在远程教育系统,应用虚拟仪器系统开展实验教学也已提到议事日程上来了。

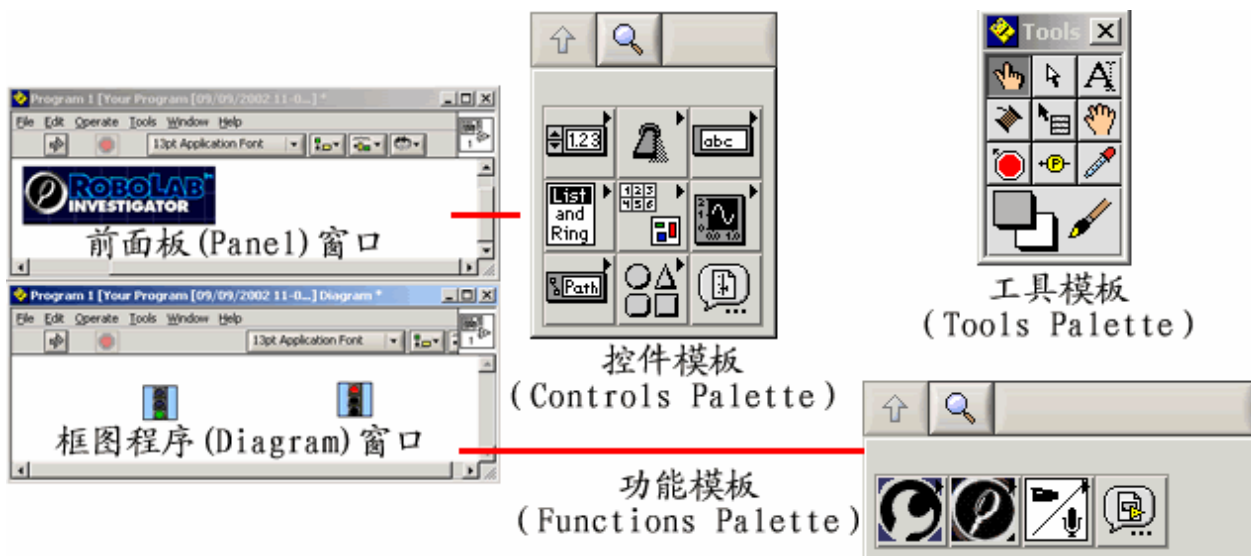
在此基础上,可以进一步构建基于虚拟仪器系统的网络虚拟实验室。这对于基于虚拟仪器系统实际应用于远程实验教学,是必不可少的环节。网络虚拟实验室就是在WEB中创建出一个可视化的三维环境,其中每一个可视化的三维物体代表一种实验对象。通过鼠标的点击、拖曳等操作,远程学习者可以操作虚拟仪器,进行有关课程的虚拟实验。网络虚拟实验室实现的基础是多媒体计算机技术、网络技术与虚拟仪器技术的结合。虚拟仪器技术与认知模拟方法的结合也赋予网络虚拟实验室的智能化特征。网络虚拟实验室构建后,无论是学生还是教师,都可以自由地、无顾虑地随时上网进入虚拟实验室,操作仪器,进行各种实验。近年来,由于虚拟仪器和网络技术的飞速发展,通过网络来构建虚拟实验室已经成为可能,远程教育的学习者通过网络进行远程实验教学已为时不远。

以上小节部分内容摘自裘伟廷老师(宁波广播电视大学实验室主任)编写的《虚拟仪器与虚拟实验》,在此表示感谢!

4.1.4 ROBOLAB与虚拟仪器

不久以前,虚拟仪器在国内还是一个很新颖的一个概念,只有少数大学才有条件开展虚拟仪器的教学,而现在,利用RCX(相当于虚拟仪器中的硬件系统)和ROBOLAB(基于世界著名的虚拟仪器软件LabVIEW开发而成),我们马上可以建立我们的虚拟仪器。

进入ROBOLAB的研究者级别编程等级5中,我们可以看到两个窗口,如下图:



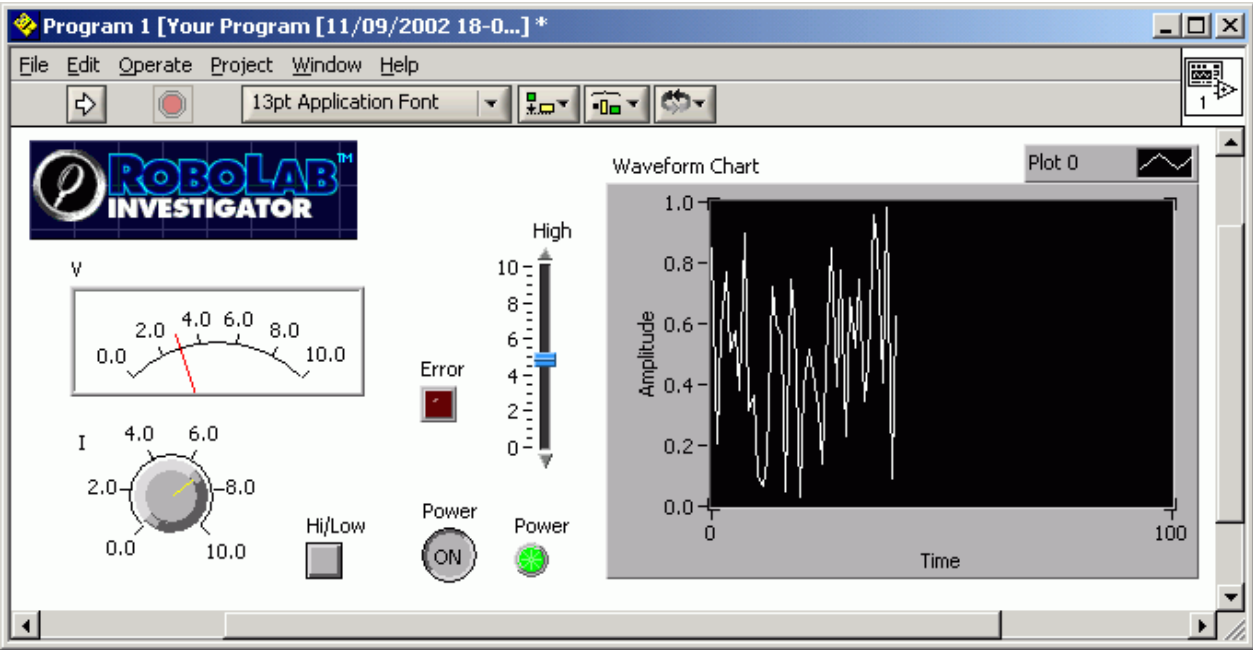
前面我们已经学习大量有关ROBOLAB编程的知识,现在来回顾一下ROBOLAB的基本概念和术语以便更深一步学习ROBOLAB。

ROBOLAB程序也可以称为虚拟仪器程序(这是从LabVIEW继承而来的,即Virtual Instruments,简称为VI)。一个最基本的VI由3部分组成:前面板(Panel)、框图程序(Diagram Programme)和图标/连接端口(Icon/Terminal)。

1. 前面板

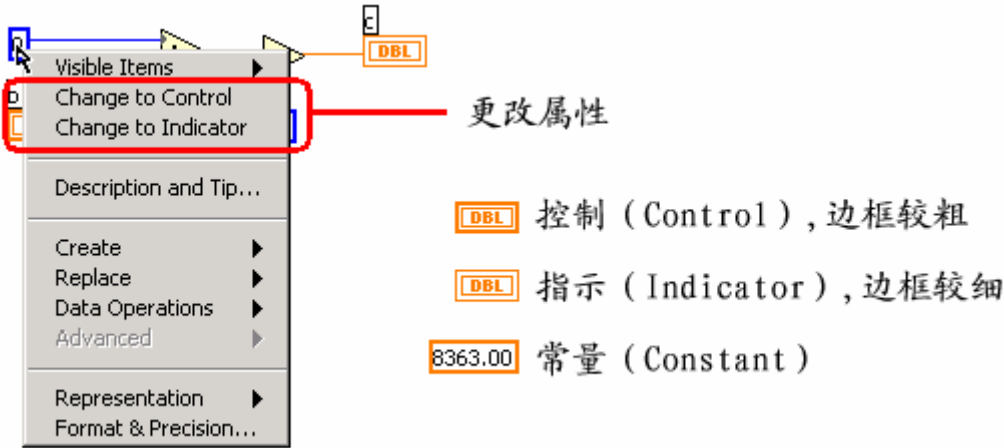
前面板就是图形化用户界面,用于设置输入数值和观察输出量。由于VI前面板是模拟真实仪器的前面板,所以称输入量为控制(Control),称输出量为指示(Indicator)。在前面板中,用户可以使用各种图标,如旋钮、按钮、开关、指示灯、实时趋势图等,就像真实的仪器面板一样,

下图就是一个简单的仪器前面板。



前面板由控制、指示和修饰（Decoration）构成。控制是用户设置和修改VI程序中输入量的接口。指示则用于显示由VI程序产生或输出的数据。修饰的作用仅是将前面板更加美观，并不能作为VI的输入或输出来使用。

任何一个前面板对象都有控制和指示两种属性，在前面板中右键选取图标，在弹出菜单中可以选择Change to Indicator或Change to Control来改变。如下图：



2. 框图程序

每一个前面板都有一个框图程序与之对应。可以理解成传统编程语言程序中的源代码。框图程序由节点（Node）和数据连线（Wire）组成。

节点是VI程序中的执行元素，类似于文本编程语言程序中的语句、函数或子程序。节点之间由数据连线按照一定的逻辑关系相互连接，可定义框图程序内的数据流动方向。

LabVIEW一共有4种类型的节点，ROBOLAB提供了前面3种节点：

节点类型	节点功能
功能函数（Functions）	LabVIEW内置节点，提供基本的数据与对象操作，例如数值计算、文件I/O操作、字符串运算、布尔运算和比较运算等等

结构 (Structures)	用于控制程序执行方式的节点，包括顺序结构、选择结构、循环结构以及公式节点。
子VI (SubVI)	将一个已存在的VI以SubVI的形式调用，相当于传统编程语言中子程序的调用。
代码接口节点 (CIN)	LabVIEW与C语言的接口

节点之间、节点与前面板对象之间是通过数据端口和数据连线来传递数据的，数据端口是数据在前面板对象和框图程序之间传输通道，是数据在框图程序内节点之间传输的接口。

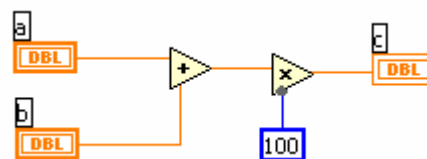
在这个编程环境里，同样使用不同的颜色来代表不同的数据类型，如下表：

数据类型	标量	一维数组	二维数组	颜色
数字量(浮点数)				橙色
数字量(整数)				蓝色
布尔量				绿色
字符串				紫色
簇				棕色

由于框图程序中数据是沿数据连线按照程序中的逻辑关系流动的，因此，ROBOLAB编程可以称为“数据流编程”。

“数据流”控制ROBOLAB程序的运行方式。对一个节点而言，只有当它的输入端口上的数据都被提供以后，它才能够执行。节点程序运行完毕后，会把结果数据送到其输出端口中，这些数据将很快地通过数据连线送至目的端口。这是与其它变成语言不一样的地方。

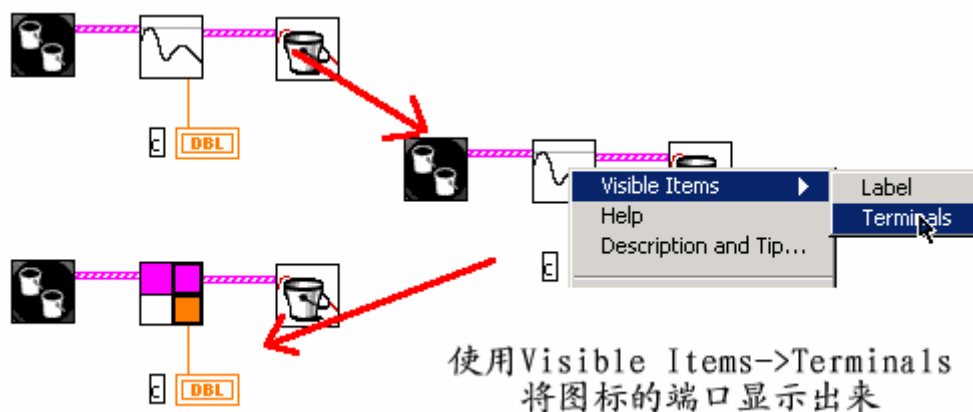
下面的VI程序中，将a和b相加，然后乘以100，结果显示在指示c中。



在运行这个程序时，执行顺序不是由其对象的摆放位置来确定的，由于相乘节点的一个输入量是相加节点的运算结果，所以只有当相加运算完成并把结果送到相乘运算节点的输入端口后，相乘节点才能执行下去。

3. 图标/连接端口

连接端口表示图标的数据输入输出端口，一般是不可见的，不过你可以在右键菜单中选择Show→Terminals，就可以切换到显示连接端口的状态。如下图：



通过连接端口，用户可以把创建的VI程序当作SubVI来调用以创建更加复杂的VI，并且这种调用的递阶次数是无限制的。这就是LabVIEW (ROBOLAB) 的层次化结构，也是它之所以功能强大的原因。

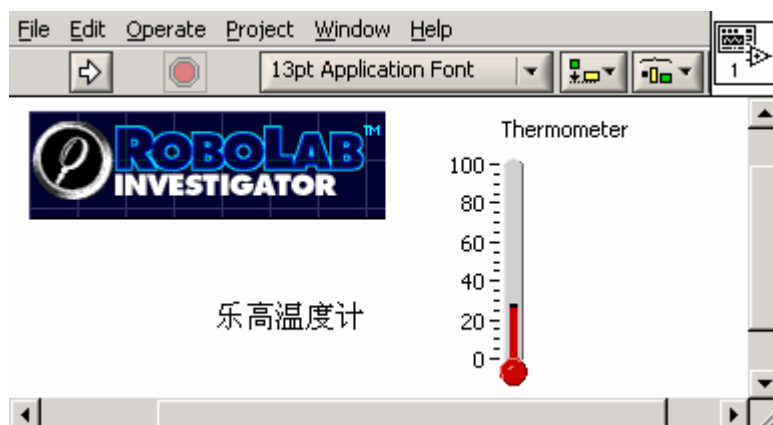
有关LabVIEW更详细的资料，可以查阅LabVIEW的书籍或与我们联系。

4.1.5 使用ROBOLAB编写的几个例子

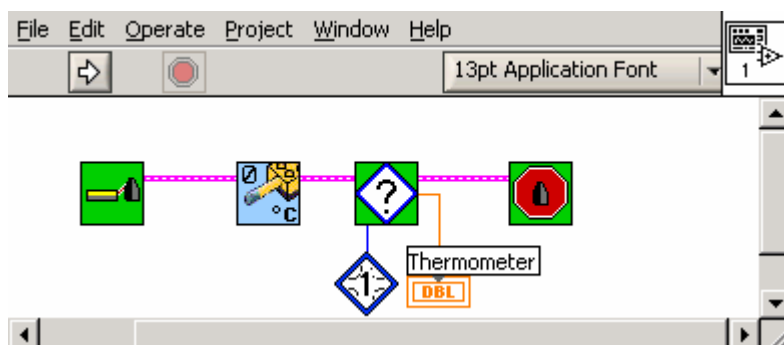
1. 温度计：

本实验是使用RCX和温度传感器来测量温度。我们使用直接模式，把温度传感器的值显示在电脑中。

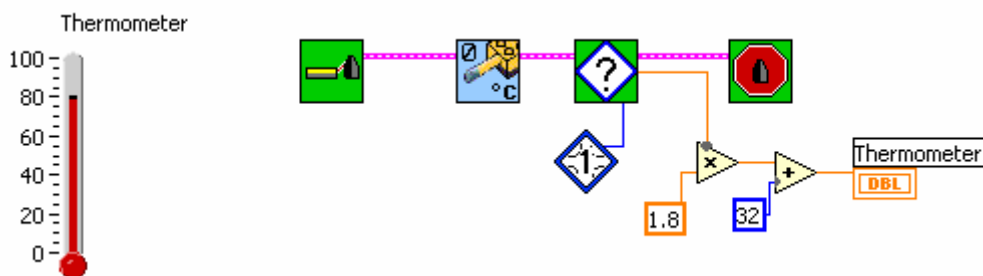
前面板：



框图程序：



上面得到的结果是摄氏度，如果需要计算出华氏度，可以改成：

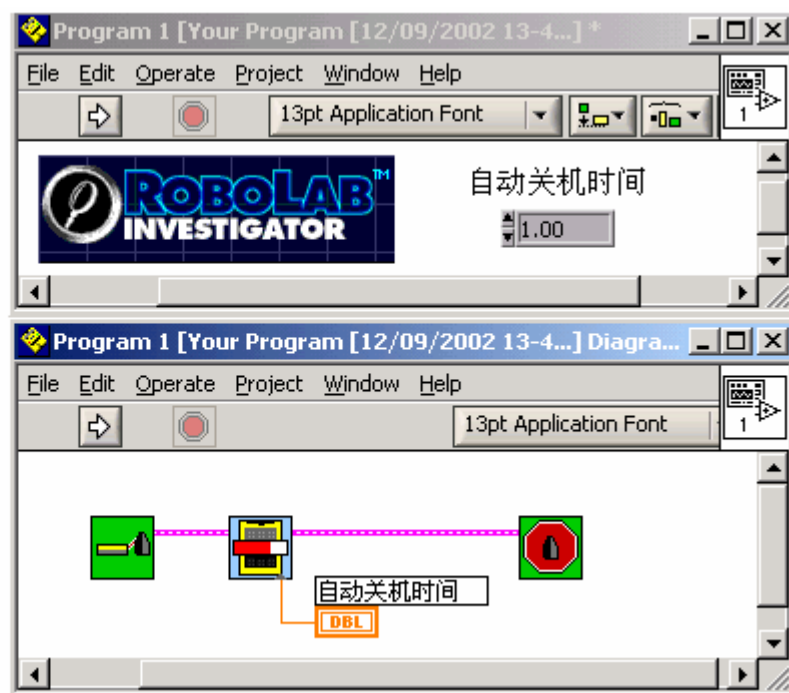


2. 设定RCX的自动关机时间：

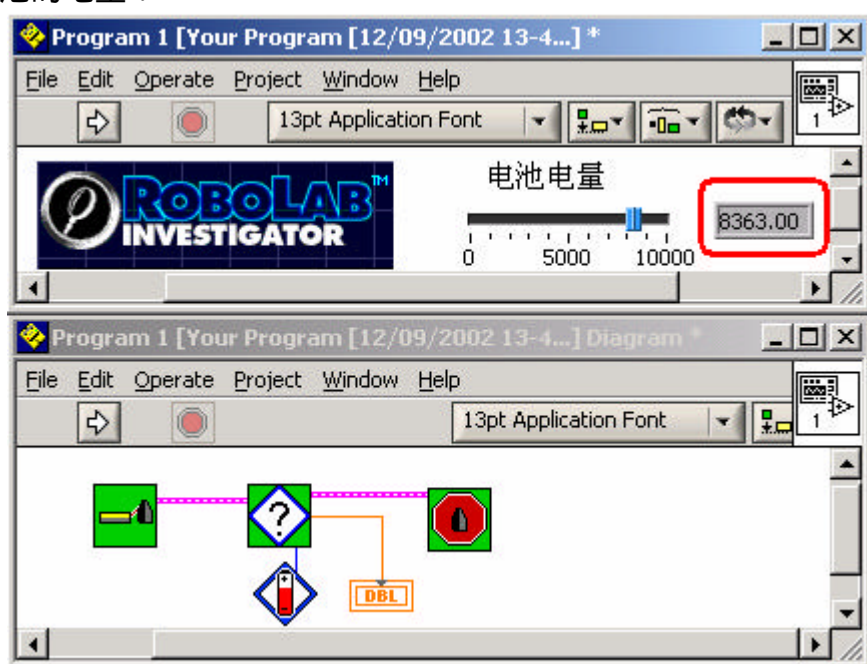
在下面的例子中，如果你需要更改自动关机时间，只需要在前面板使用操作工具 (Operate Value) 更改，打开RCX电源，然后运行程序，就可以了。如下图：



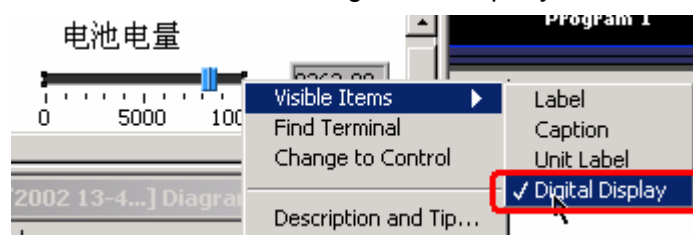
操作工具
(Operate Value)



3. 读取RCX中电池的电量：

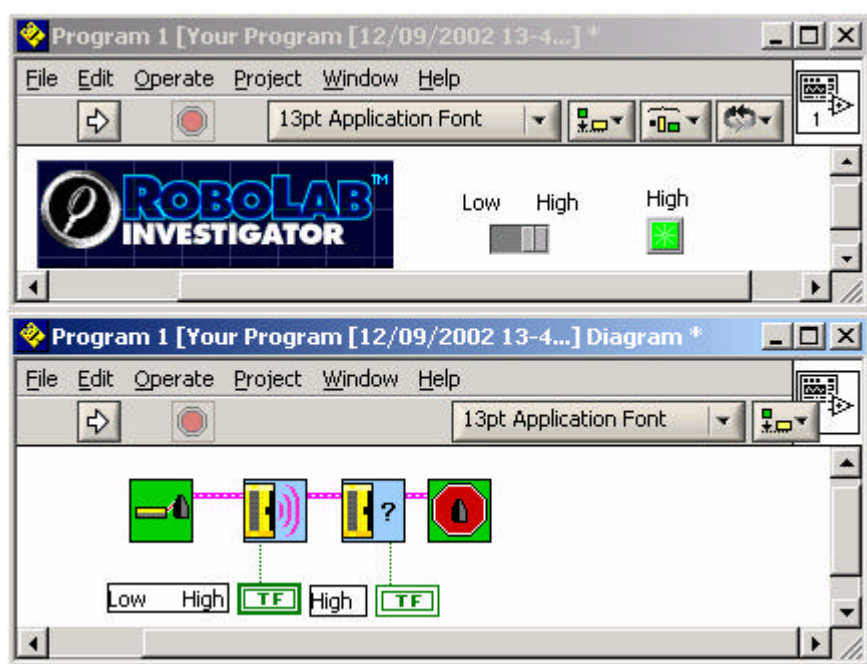


有时候使用条状的显示不是很清楚，那么可以直接将数字显示出来（上图红色框），你可以在前面板使用右键菜单中的Visible Items→Digital Display将数字现实出来，如下图。



4. 设定RCX的红外发射功率：

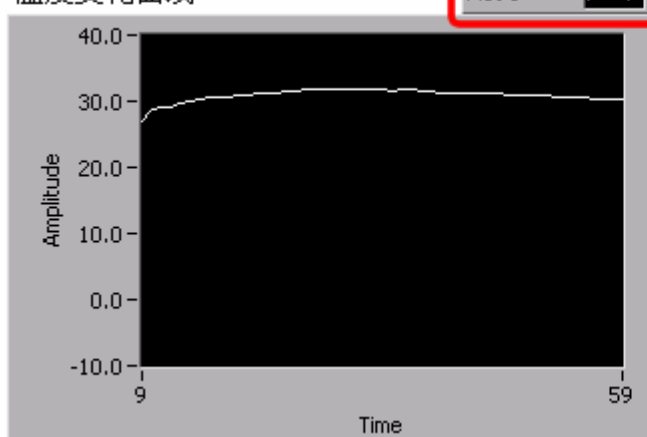
使用前面板的操作工具，就可以自由修改RCX的红外发射功率（高/低），记住，每一次修改都需要运行一次。修改完成后读取发射功率的设定，如果是高功率，绿灯将打开，否则关闭。



5. 实时采集温度，并上传到电脑中：

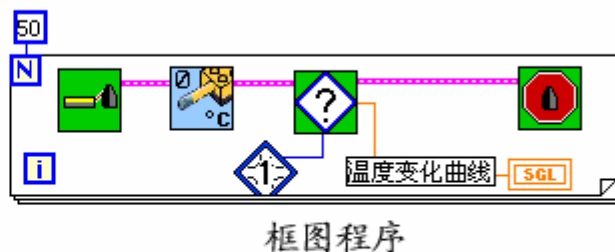
在本程序的前面板中，使用了实时趋势图（Waveform Chart）来实时显示温度的变化曲线，在框图程序中，使用了For循环语句，一共循环50次，也就是一共采集并显示50个点。你可以通过工具模块中的文本工具来修改实时趋势图的X、Y轴范围等。

温度变化曲线



Plot 0

使用左键来修改曲线的各种特性



前面板

4.2 : G-Code

G-Code用于数据的处理，前面我们已经强调，G-Code只能运行在计算机中，不能下载到RCX上，这一点一定要紧记。下面介绍其它一些图标。

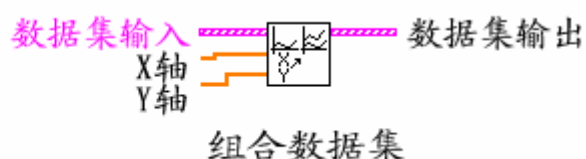
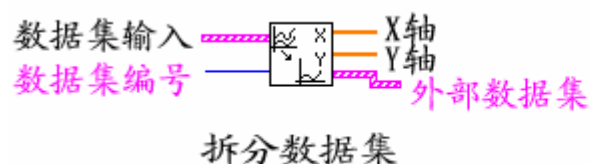
1. 桶

几乎在每一个程序都与数据集相关，而数据集就是用桶来表示。ROBOLAB一共可以使用10个桶，使用不同的颜色来区分。如下图：



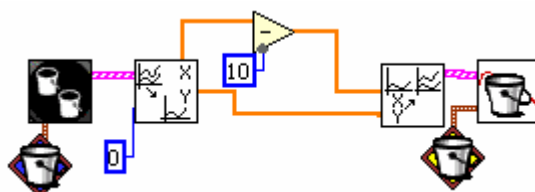
2. 数据拆分与合并

一个数据集通常包含X轴、Y轴数据，如果你需要对某一轴数据进行运算，你可以将数据集拆分成X、Y轴。你可以使用如下两个图标：



Tips: 在本章中，图标的解释中，使用粉红色标出的为非常用参数。

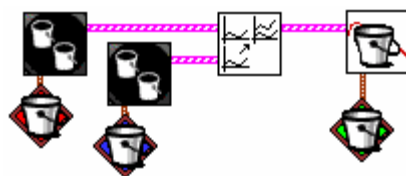
下面这个例子是将数据集拆分，X轴减去10后再合并，最后绘图。



另外，我们还可以合并两个桶，使用下面图标：

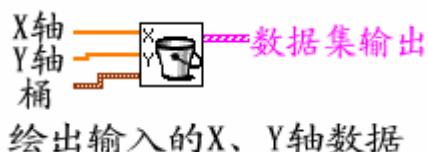


下面的例子是先读取红色和蓝色的桶，合并之后绘图，并保存在绿色桶中。

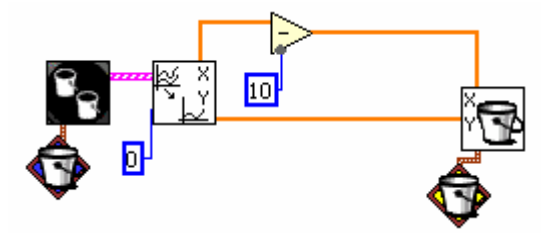


3. 绘图

我们经常需要将数据绘出图像，有如下两个图标可以绘图，他们的区别是输入格式不一样，第一个是分开X、Y轴输入，第二个是整个数据集输入。这两个图标都可以将数据保存在指定的桶中。



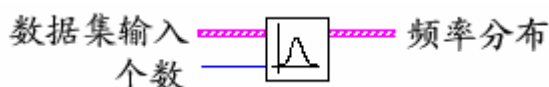
例如，我们可以将上面的例子变成如下程序，而功能却完全一样。



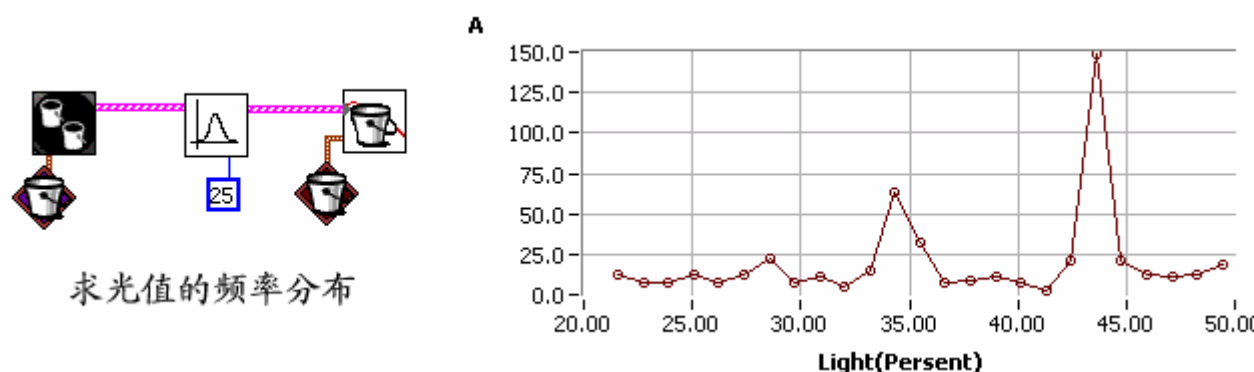
4. 求值

求值图标大部分已经在2.5.3 计算工具3中介绍，这里补充其它的图标。

求频率分布图，其中，个数是用来指定数据集里最大值到最小值之间参与统计的个数，



下面的例子是求出蓝色桶中（光值）的频率分布，在最小值22到最大值49之间，一共分为25个点，然后统计光值在这个区域内的分布频率（用Y轴表示）。



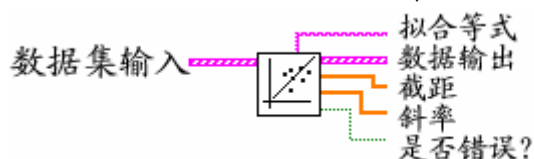
5. 数据拟合

可以使用多种方法来拟合曲线，有关拟合的知识，你可以参考与数值计算相关的书。

a. 直线拟合：

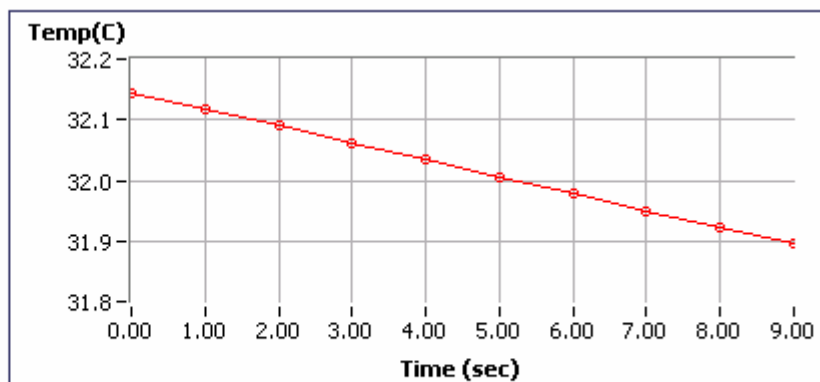
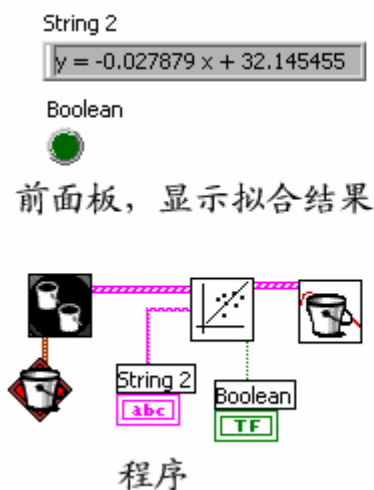
直线拟合是按照最小二乘法来将离散的数据拟合成直线，图标说明如下。其中图标右面的所有端口都是输出端口，拟合等式用字符串直接输出XY关系，其中的信息已经包含了截距和斜率，可以表示为：

拟合等式为线性方程： $Y=a*X+b$ ，a为斜率，b为截距



另外，是否错误是用于指示拟合过程是否有错误。

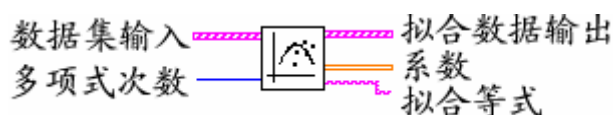
在下面的例子中，采集温度10个点，然后做直线拟合，最后得到 $y=-0.027879*x+32.145455$ ，并绘出这根直线，如下图：



拟合结果

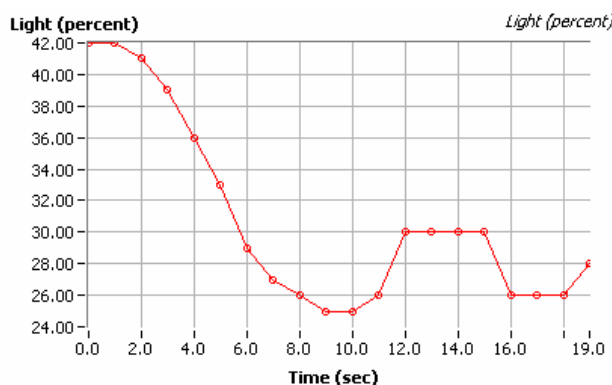
b. 多项式拟合

多项式拟合是使用一个多项式来将离散的数据拟合成曲线(特殊情况:当多项式的次数为1时,将拟合成直线)。如下图,和直线拟合一样,可以直接将拟合等式以字符串形式输出。

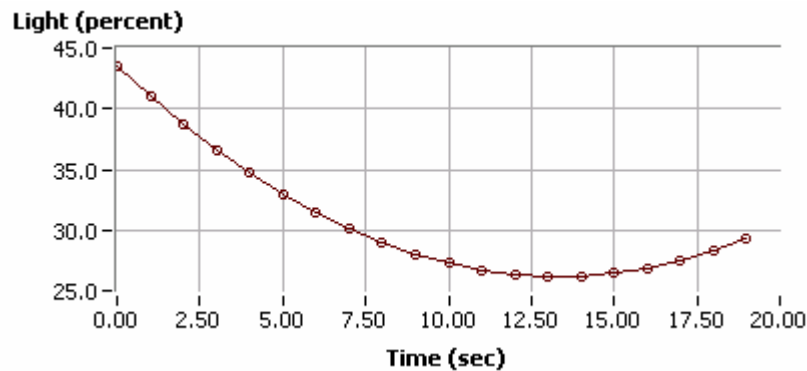


我们可以指定多项式的次数,次数的选定非常重要,一般可以先看看曲线的大概形状,然后根据形状来选取次数,例如,如果曲线比较像抛物线,我们就可以选用2次拟合。注意,如果你一共采集了N个数据点,那么你选用的最大次数不能大于N-1。一般来说,次数越大,越接近接近测试的数据点,但是次数越大,拟合速度将变慢,另外,容易因此震荡,例如在一个数据集中,如果大部分数据都非常接近,但是,某一个点偏离太大,如果选用高次拟合,那么就会因此较大的偏差。

例如,我们采集了光值20个点,原始数据如下图:

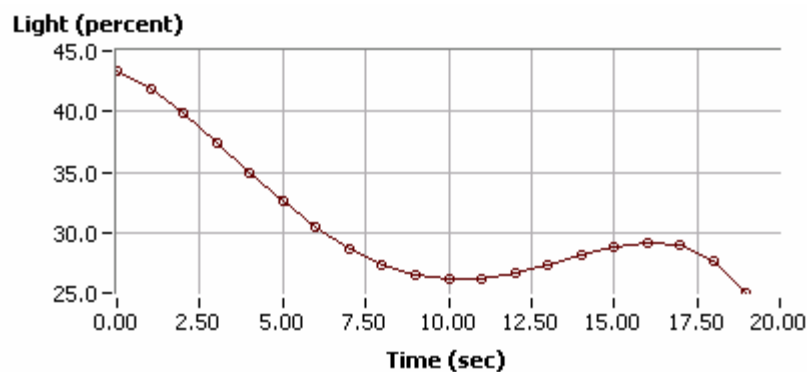


如果使用2次拟合,我们可以得到:



$$y=43.569481*x^0-2.605867*x^1+0.097460*x^2$$

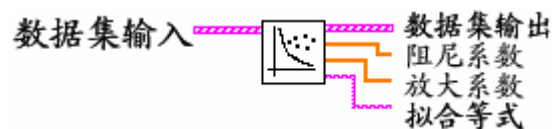
如果使用4次拟合，我们可以得到：



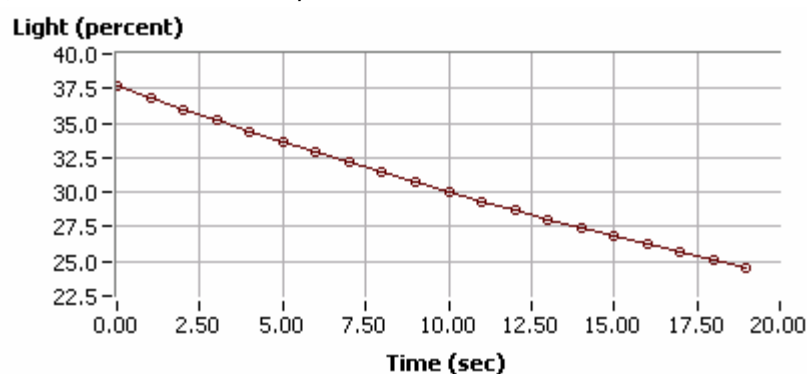
$$y=43.308159*x^0-0.981076*x^1-0.476970*x^2+0.057101*x^3-0.001681*x^4$$

c. 指数拟合

你还可以使用指数拟合，拟合等式为： $Y=a*e^{(bX)}$ ，其中，a为放大系数，b为阻尼系数。



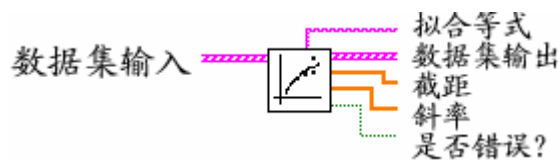
将上面例子的原始数据拟合，可以得到：



$$y = 37.628058 \exp(-0.022601*x)$$

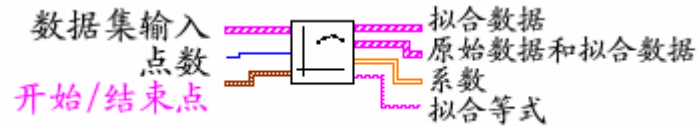
d. 对数拟合

你还可以使用对数拟合，拟合等式为： $Y=a*\ln(X)+b$ ，其中，a为斜率，b为截距。

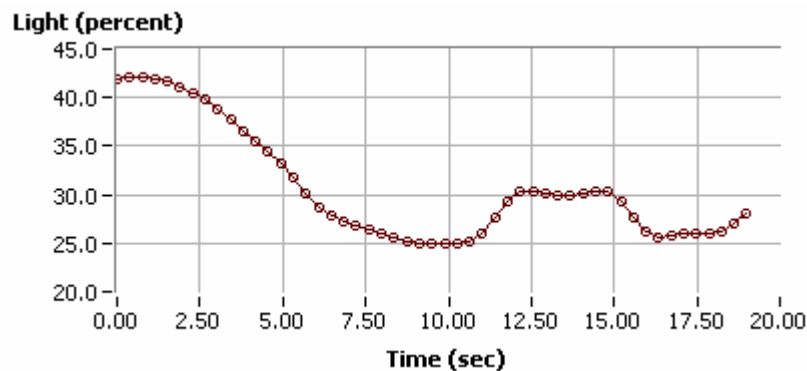


e. 样条拟合

当你不清楚原始数据类似那一类函数，那么你就可以使用样条函数来拟合。



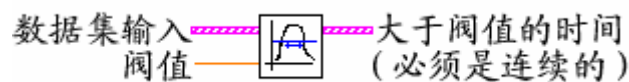
这个图标可以只输出拟合数据，也可以连原始数据一起输出，图标左端的点数是设定拟合数据的数据点，例如，下面的例子就是拟合后显示50个数据点：



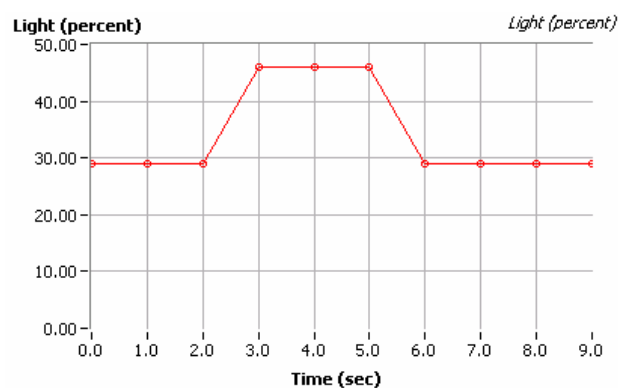
6. 算术函数

一部分算术函数在前面已经做介绍，下面介绍其它的算术函数：

a. Peak time, 求出某一峰值大于阈值的时间，如下图：

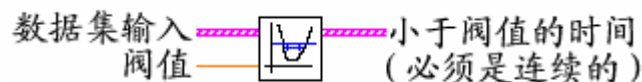


例如，现有如下数据：

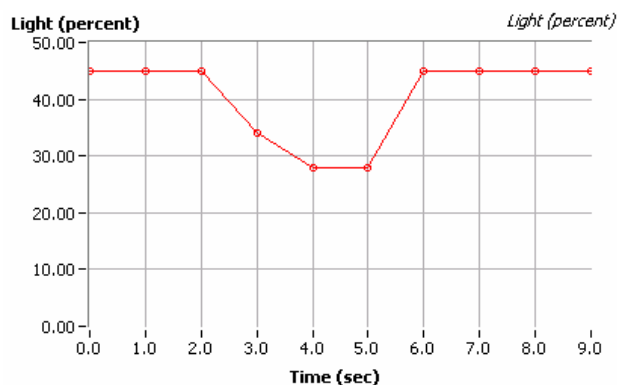


现在，设定阈值为35，那么得到的时间就是3秒，即在中间部分连续3秒光值大于35。

b. Well time, 求出某一波底小于阈值的时间，如下图：



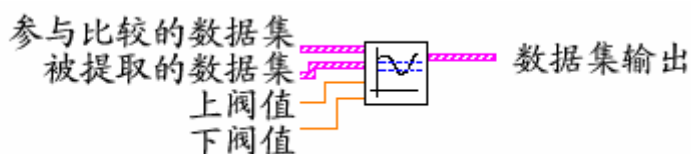
例如，现有如下数据：



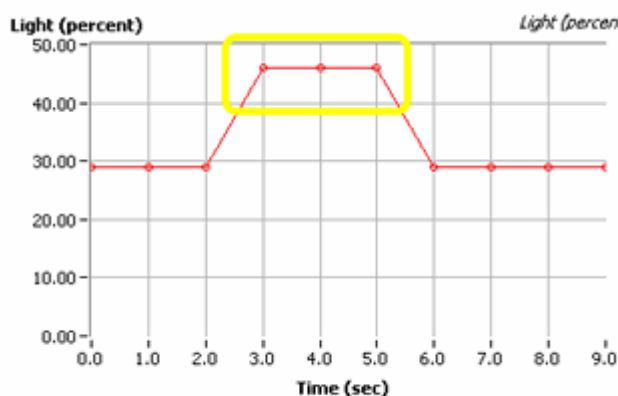
现在，设定阈值为40，那么得到的时间就是3秒，即在中间部分连续3秒光值小于40。

c. Threshold, 阈值。

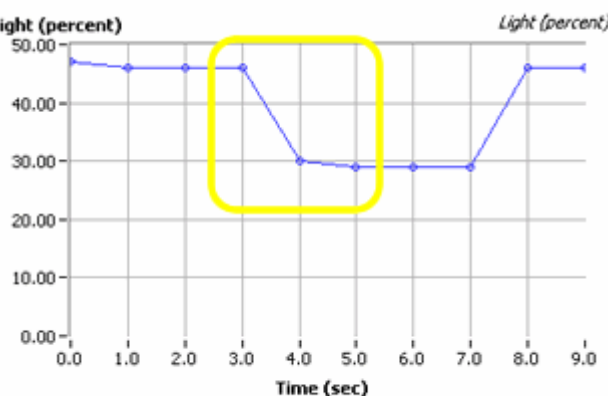
一共有两个数据集参与计算，其中第一个为参与比较的数据集，如果这个数据集的数据在阈值内，那么就提取被提取的数据集的数据，作为输出数据集。



做一个例子，下图为参与比较的数据集和被提取的数据集：

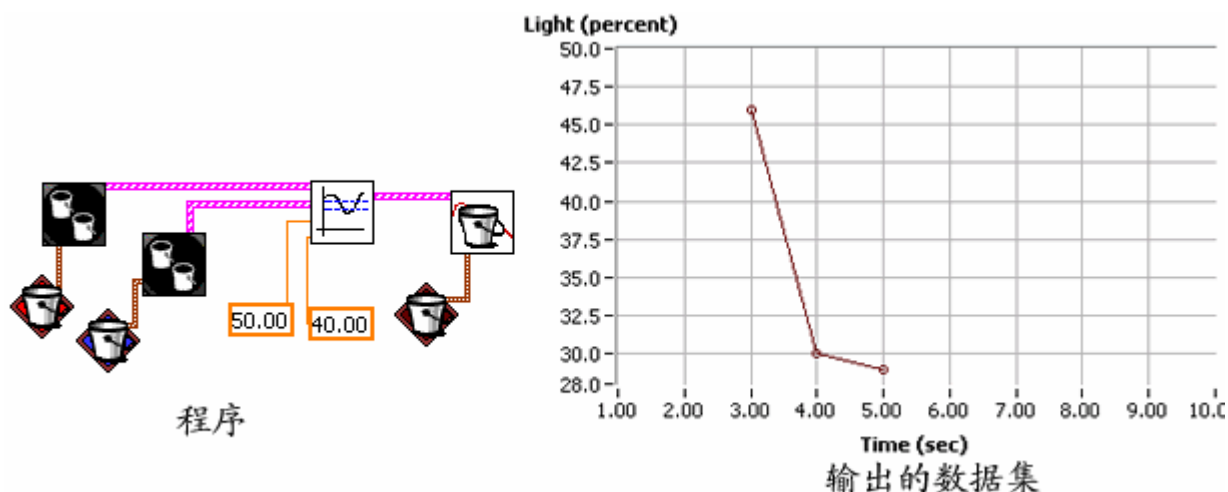


参与比较的数据集



被提取的数据集

在程序中设定阈值为40和50，由于参与比较的数据集仅仅在第3、4、5秒的时候光值在阈值内，所以最后的结果也只有这三个点，上图以黄色框包围。下图为编程与输出的数据集



d. FFT, 快速傅里叶变换

通过FFT, 你可以求功率谱, 如下图:



4.3: 几个研究项目

4.3.1 静摩擦系数测量

学生手册

器材要求:

这次活动需要 RoboLab 2.0 或更高的版本, 红外发射器和电缆#9713, RCX#9709, 和一个乐高角度传感器、一个光感和一个触感。

实验目的:

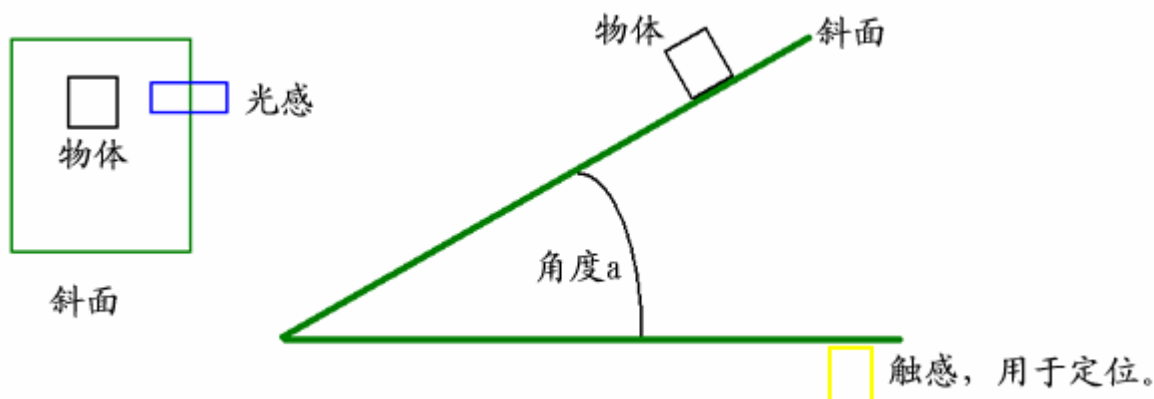
静摩擦是善变的。在水平面上, 静止物体所受静摩擦力为零。当水平拉力 F 出现并逐渐增大而物体仍保持静止时, 反方向的静摩擦力也出现并随之增大, 二者保持平衡。 F 继续增大, 终于使物体被拉动, 此瞬间的静摩擦力称为最大静摩擦力, 它跟整压力之比 f_{\max}/N 称为静摩擦系数, 静摩擦系数 μ 一般大于动摩擦系数。

使用 RCX 和一个角度传感器和一个光感来测试出不同表面的静摩擦系数。

搭建构想:

物体能在斜面上保持静止, 靠的就是静摩擦力。首先搭建一个斜面, 将物体放置在斜面的顶端, 改变斜面的斜度, 通过光感检测到物体是否滑落, 在滑落的瞬间, 记录斜面的斜角 α , 可以由如下公式计算出:

$$\mu = \tan(\alpha)$$



实验程序设计思路：

在程序中，首先要将斜面恢复到水平状态，可以通过触感来定位，然后使用马达改变斜面的斜度，当物体突然滑动时（通过光感测定），通过角度传感器将斜角 a 记录下来，保存在容器里。然后通过另一个程序将红色容器的值读出，并计算出 μ 。

在计算过程中，需要考虑马达到斜面的传动比。

实验报告：

实验装置图片放在实验报告中。

实验总结：

使用不同材料或不同接触面积进行测试，比较一下，在同样材料的情况下，接触面积不同，静摩擦系数是否一样。在接触面积相同的情况下，比较不同材料的静摩擦系数。

教师手册

学习目标：

学生可以理解：

1. 摩擦力和摩擦系数。
2. 静摩擦力和动摩擦力。
3. 不同材料的摩擦系数。
4. 如何测量静摩擦力和动摩擦力。
5. 如何提高实验精度。当两个影响精度的因素相互矛盾时，如何平衡？

搭建提示：

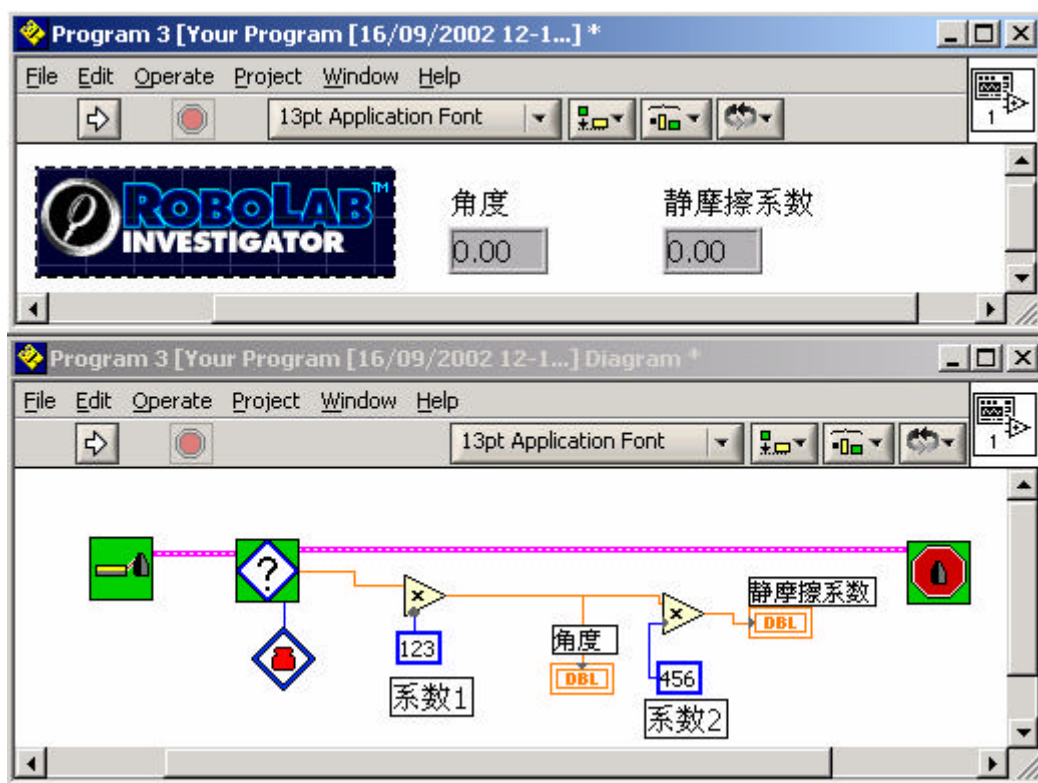
由于马达的转速较快，所以不能直接使用马达来转动斜坡，一般需要多级的变速，考虑如下因素：

1. 斜坡转动速度越慢，测量的精度越高。
2. 齿轮啮合是有一点间隙，所以如果使用的级数越多，由于间隙所造成的误差越大，留意一下，如果使用多级变速，马达开始转动后，一段时间后最后一级才能转动。
3. 角度传感器的安装位置，由于角度传感器的精度不高，所以尽量将角度传感器直接与马达的转速连接在一起。

为了减少传动级数，可以考虑使用涡轮蜗杆传动。

编程提示：

读取红色容器时，可以使用直接模式，例如，



上面的程序没有考虑到传动比，以及需要将角度转换为弧度，所以需要修改程序中的系数 1 和系数 2。

实验步骤：

可以分配不同小组来完成不同的实验，

1. 使用同样材料，但是接触面积不一样的物体进行试验。
2. 使用不同材料，但是接触面积一样的物体进行试验。
3. 使用同样材料，接触面积一样，但是材料不一样的斜面进行试验。

思考：

1. 如何提高测量的精度？
2. 摩擦力在我们日常生活中的例子。摩擦力是对我们有好处还是坏处？
3. 如何增加或减少摩擦力？

4.3.2 能量的转换

学生手册

器材要求：

这次活动需要 RoboLab 2.0 或更高的版本，红外发射器和电缆#9713，RCX#9709，eLAB 套件#9680 和乐高角度传感器#9756。另外需要一个光滑的斜坡。

实验目的：

在斜坡顶部放置一辆小车，然后放手，车辆将下滑。通过将车辆放置在斜坡顶部，你让它储

存了能量，我们称这种能量为势能。在车辆从斜坡下滑，势能转化为运动能量，也就是大家所熟悉的动能。当车辆到达了斜坡的底部，势能没有了，是否所有的势能都变为动能呢？使用 RCX 和一个角度传感器来找出答案。

搭建提示：

搭建一辆简单的车辆用于测试。车辆不需要马达和 RCX，但需要在车辆的后轴上安装一个角度传感器。这样，角度传感器就能准确记录车轮旋转次数。在车辆的后端附近的放一个乐高重型积木（Weighted Brick），这样做能让车轮在滑落时保持转动，而不是滑动。

实验报告：

把车辆的图片放在实验报告中。

编程提示：

编写一个水平 1 (Level 1) 的程序，每十分之一秒读一次角度传感器，设定总时间为 6 秒（或根据你的车辆和斜坡来定）。下载程序到 RCX 上。

运行：

将角度传感器安装在合适的输入端口上（根据你的程序而定），运行程序，同时放开在斜坡上的车。

上传：

将数据上传到计算机里。

计算：

使用计算工具 1，将数据除 16 并将结果放在一个新的桶内，这是因为角度传感器在旋转一圈时，增量为 16。这样，新桶内的数据就是每秒轮子旋转的次数。

现在，使用计算工具 3 来对新桶数据进行微分（ d/dt ）。将结果放在第三个桶中。这个桶中的数据就是车辆的速度（用每秒旋转的次数表示）。

查看和比较（View and compare）：

通过估算来校验第三个桶的数据正确性。使用数据分析工具（Number function）来找出车辆的最高速度。这个最大的速度就是车辆到达斜坡底部时的速度。（为什么？）

测量和计算（Measure and Calculate）：

计算出车辆的最高速度，用米每秒来表示。以下给出计算方法。

使用了角度传感器，你可以找出用旋转数每秒来表示的车辆最高速度。现在，将速度单位转变为米每秒（即线速度）。为了计算，你需要知道轮子的直径 D （注意，是安装角度传感器的那个轮子）。然后下面公式可以求出车轮的周长 R ：

$$R = \pi D$$

周长乘上用旋转数每秒来表示的车辆最高速度就可以得到线速度（单位为 m/s ）。

计算车辆在斜坡底部是的动能。使用弹簧称来称出车辆的重量（用千克来表示）。使用下面公式可以求出动能。

$$KE = 1/2mv^2$$

计算车辆在斜坡顶部时所具备的势能，用尺量出斜坡的垂直高度（用米来表示），使用下面



公式可以求出势能。

$$PE=mgh$$

在这里，m 是车辆的质量。H 是高度，g 是重力加速度。为 9.8m/s。

实验报告：

在实验报告中写出：车辆的最高速度，它的动能，它的势能。

然后在另一页作实验分析，回答如下问题：

1. 因为能量可以转变，在斜坡顶部的车辆具备的势能应该等于车辆在底部是具备的动能。它们相等吗？如果不相等，另外一部分的能量到哪里去呢？
2. 在这次实验中，是否有可能出现在斜坡底部车辆所具备的动能大于它在斜坡顶部所具备的势能？为什么？
3. 车辆势能转化为动能的那一部分所占的比例就成为它的能量转化效率，可以使用下面公式计算出：

$$\text{效率} = KE/PE * 100$$

4. 如何提高车辆的效率（也就是说，让车辆更快）？如果有时间的话，试一下你的想法。

演示：

为演示准备一份演示稿，包括你的程序，结果和分析。

伸展：

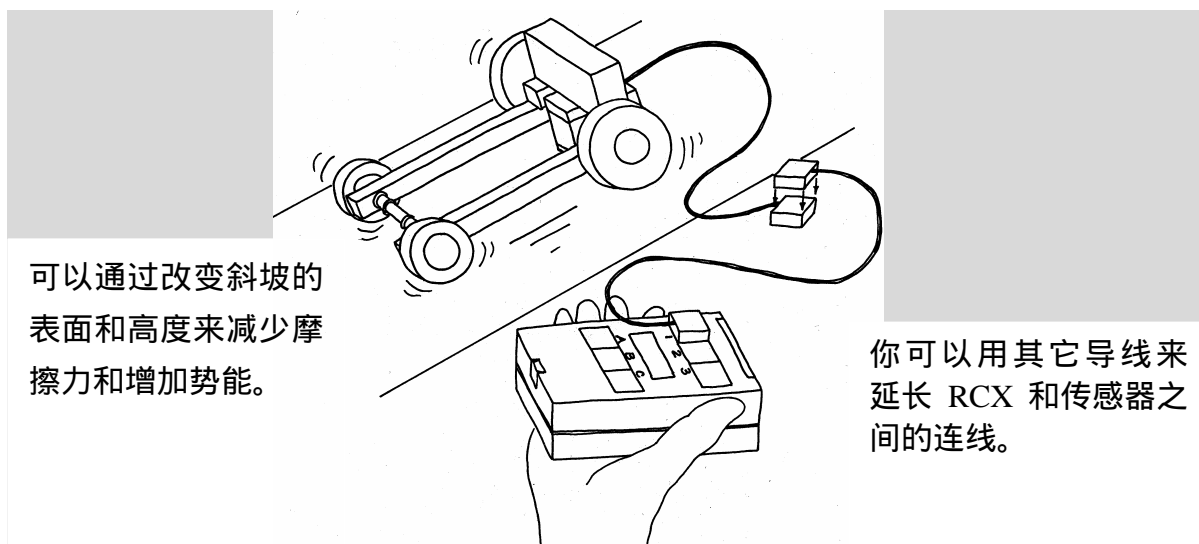
提高斜坡性能：你能改变斜坡，让车辆更快，但是又不会出现车轮打滑。

教师手册

学习目标：

学生可以理解：

6. 能量可以保存。
7. 能量可以相互转化（例如，势能可以转化为动能）
8. 什么是势能，如何来测量？
9. 什么是动能，如何来测量？。
10. 能量的转化。
11. 什么是效率，如何来测量？
12. 摩擦的重要性。



可以通过改变斜坡的表面和高度来减少摩擦力和增加势能。

你可以用其它导线来延长 RCX 和传感器之间的连线。

搭建提示：

除了乐高积木和 RCX，你还需要一个弹簧称和一把尺来做实验。

编程提示：

使用角度传感器来测出车辆在斜坡底的速度，从而精确测出动能。通过两次测量和 3 个计算公式，所有的过程是很容易理解的。

假如没有摩擦力，在斜坡顶部的所有势能都会在到达斜坡底部完全转化为动能。然而，明显的一部分势能由于摩擦力而“消失”，转化为热。效率是计算实际上有多少势能转化为动能的一种简单方法。

学生可能会觉得使用角度传感器会令能量损失。答案是肯定的。为了知道大概是多少，可以使用两辆相同的车辆从斜坡上下滚，一辆装有角度传感器，另一辆没有，车辆到达了斜坡底部时速度的差就是由于角度传感器的影响。

扩展：

学生可以使用多种方法来提高斜坡的表面的光滑度：使用不同的材料，在表面上涂上油脂等等。指出用来减少斜坡摩擦力的方案。并指出当摩擦力太小时，车轮将打滑，而不是转动。（由于角度传感器是测量轴的转动，这种情况很容易发现）

可以建议学生让斜坡更陡峭，保证他们认识到，假如他们提高了斜坡的顶部，就改变了车辆的势能。

第五部分 附录

5.1：程序下载 FAQ

程序下载之前应该确认如下事项：

- 1、红外发射器的正确安装。
- 2、检查一下程序是否正确（若RUN按钮为破碎状，则程序不正确）

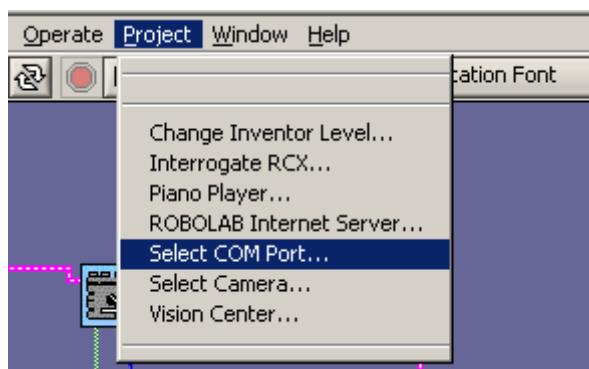


不正确

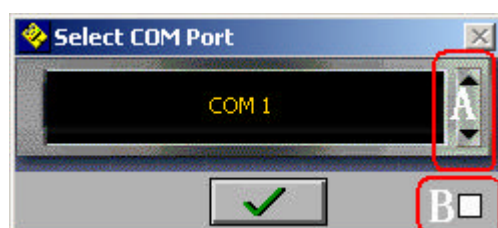


正确（可以下载啦）

- 3、验证RCX的电源是否已打开。
- 4、检查一下IR电缆是否连在串口COM1/USB上，如果不在，可在菜单Project—— Select COM Port...

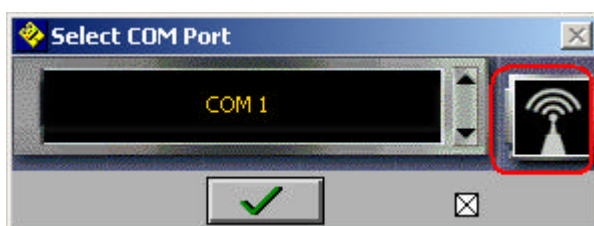


将出现：

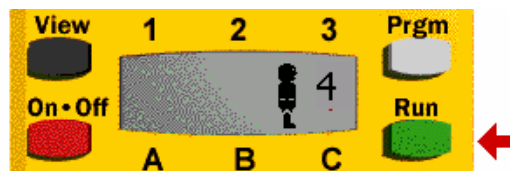


你可以再A区中选择串口或USB接口，甚至可以在这里选择远程计算机的IP地址，从而进行远程控制（具体请参考高级应用中的互联网控制）。

另外，你可以点击B，将出现如下画面，这时你可以通过单击图中红色区域直接下载测试IR与RCX是否可以正常通信。



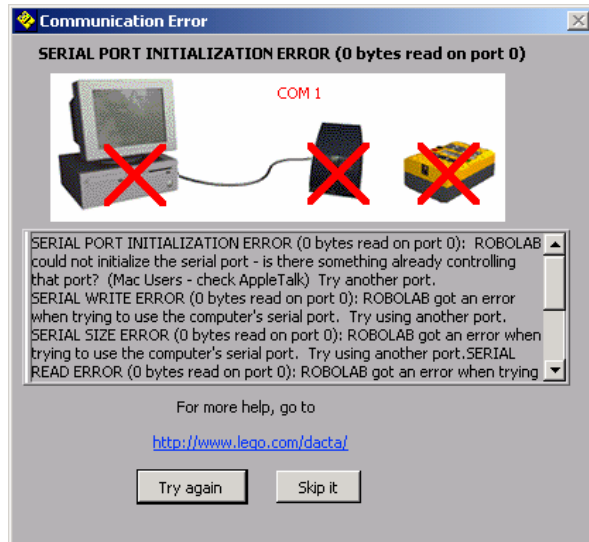
如果下载成功后它会在电脑上出现一个 RCX 的图，并发出一声响声，如下图：



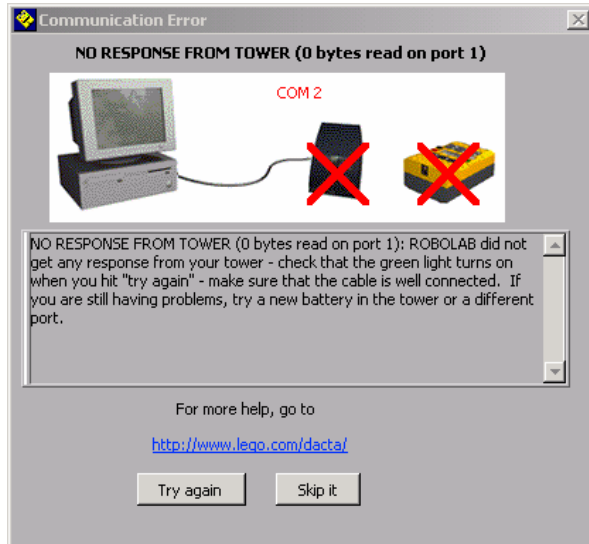
成功拉！程序已经保存在 4 中。

程序下载问题解决：

如不成功，可能会出现如下三种错误提示：



这种情况一般是串口连接不正确或者串口已经损坏，检查串口是否正确连接，或者串口有没有被另外的程序占用。如果串口曾经被其它设备占用，例如 Modem，则需要从新启动计算机。



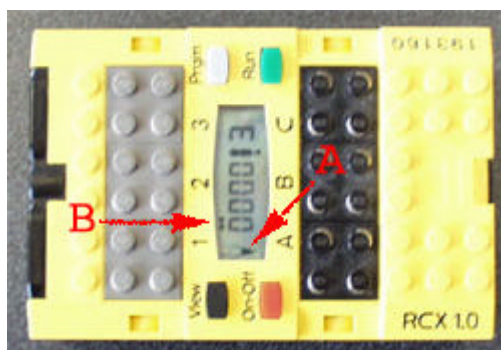
红外发射塔的绿灯没有亮。

1. 串口选择正确吗？一般计算机有 2 个串口，请选择正确的串口。参考上一页或第 5 页。
2. 红外发射塔电池是否正确安装（电池为 9 伏层叠电池，注意区分正负）。参下一页。或电池电量是否不足。
3. 串口连线是否损坏。这是一根 Null Modem 线。



红外发射塔绿灯已经亮。

1. RCX 的电源是否打开。RCX 需要安装 6 节五号电池或外接电源。
2. RCX 的 V 标志有否出现？参看下图 A。
3. RCX 是否在可视范围中？参看下图 B。
4. 周围是否有强光影响？如果有，请将红外发射塔靠近 RCX，或用其它挡住强光，参考图 C。
5. RCX 是否离红外发射塔太远，请调节红外发射塔的发射强或弱。参考图 D。
6. 多个 RCX 相互影响。



RCX 的 V 标志

A 为 RCX 的 V 标志，表示 RCX 在接收信号，如果 V 标志倒置，则表示 RCX 上传数据到计算机中。B 表示数据传输的进度。



RCX 是否在可视范围中





请将红外发射器靠近 RCX，以避免强光的影响

5.2：数据采集和处理 FAQ

1.

5.3：传感器的参数

5.3.1 乐高传感器：

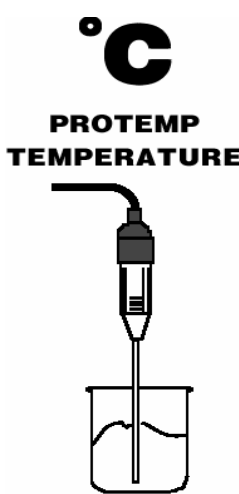

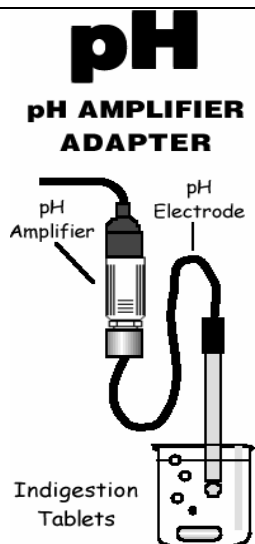
名称	图片	供电	类型	说明
Rotation Sensor 角度传感器		需要	数字	可连接到 RCX 输入端或乐高 8 路输入和输出接口板上的蓝色输入通道（5 ~ 8）。测量精度 22.5°，每转 22.5°增量为 1。利用这个传感器，你可以： <ul style="list-style-type: none"> - 测试旋转方向 - 发送一个运动，测量旋转位置 注意：不要将马达直接联接到位置传感器，否则会大大缩短传感器使用寿命
Light Sensor 光线传感器		需要	模拟	连接至 RCX 输入端或乐高 8 路输入和输出接口板中的蓝色输入通道（5 ~ 8）。传感器测试范围 0.6Lux(0%) ~ 760Lux(100%)。利用该传感器，你可以： <ul style="list-style-type: none"> - 通过检测光强变化计数人数 - 通过测试反向光强来辨别颜色 - 测量一个光源的光强
Temperature Sensor 温度传感器		无需	模拟	需连接到RCX输入端或乐高8路输入和输出接口板上的黄色输入通道（1 ~ 4）。测量范围 -20 °C ~ +50 °C 的温度。
Touch Sensor 触动传感器		无需	数字	需连接到RCX输入端或乐高8路输入和输出接口中黄色输入通道（1 ~ 4）。

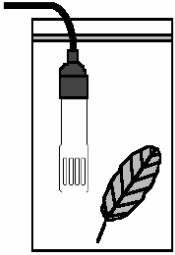
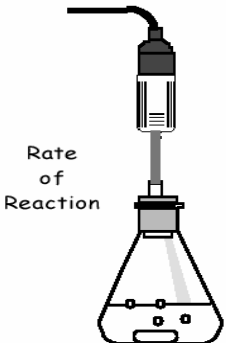
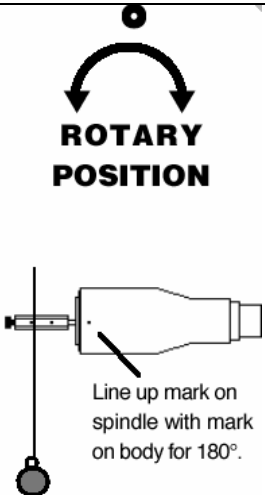
5.3.2 DCP 传感器：

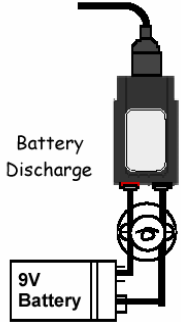
LEGO DCP 传感适配器是 DCP 传感器到 RCX 的转接口，负责将 DCP 传感器产生的信号转换为 RCX 所认识的信号，并提供方便安装在 RCX 上面的接口。



常用的 DCP 传感器：

传感器类型	图 片	参 数	典型应用
温度传感器	 <p>°C PROTEMP TEMPERATURE</p>	<p>测量范围：- 30 ~ + 130 °。</p> <p>分辨率：0.1 °。</p> <p>探针长度：180mm 的不锈钢材料。</p> <p>与 RCX 相比的典型准确度：± 2%。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 态转换过程中的温度测量。 2. 发酵过程的温度变化。 3. 传导温度；对流温度；辐射温度。 4. 降温曲线， 5. 升华降温。 6. 绝缘。 7. 与压力传感器一起研究气体的规律。
声传感器	 <p>dB SOUND LEVEL</p>	<p>测量范围：50dBA ~ 100 dBA。</p> <p>频率响应：标准的 A 级。</p> <p>响应时间（潮湿情况）：大约 0.5 S。</p> <p>与 RCX 相比的典型准确度：± 5%。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 音在不同材料之间的传播以及被吸收的部分。 2. 声音的反射。 3. 噪声污染。 4. 声音的振幅和传输距离。 5. 使得声音测量“可视化”以及“可比较化”，主要为了满足一些特殊的测量场合。 6. 真空中的声音研究。
pH 值放大适配器和 pH 值电极	 <p>pH pH AMPLIFIER ADAPTER</p> <p>pH Amplifier pH Electrode</p> <p>Indigestion Tablets</p>	<p>测量范围：0 ~ 14PH。</p> <p>分辨率：0.1PH。</p> <p>与 RCX 相比的典型准确度：± 2 %（正电极的准确度）。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 涉及 PH 值变化的反映率，例如酒和酸奶制作过程中的酸度。 2. 环境 PH 检测。 3. 滴定时的酸度。 4. 酸和碱反应时的研究，如治疗消化不良的药片。 <p>注意：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 使用标准 PH 电极时，要使用标准的 BNC 插座。 <p>正 电 极 放 大 装 置：DCP N-D100086。</p>

<p>相对湿度测量</p>	<p>%RH RELATIVE HUMIDITY</p> 	<p>测量范围：1 ~ 100% 绝对湿度。 分辨率：0.1% R.H.。 温度范围：- 20 ~ 80 °。 与 RCX 相比的典型准确度：± 2 %。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒸发率和湿度。 2. 环境空气的研究。 3. 呼吸的湿度。 4. 燃烧燃料时的湿度。 5. 蒸发或升华。
<p>空气压力传感器</p>	<p>kPa AIR PRESSURE</p> 	<p>测量范围：0 ~ 200 kPa。 与 RCX 相比的典型准确度：± 5 %。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 气体规律 (如压力, 容量与温度的关系) 测量, 与温度传感器联合使用。 2. 发酵。 3. 气体反应率。 <p>注意：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 注意不要弯曲尼龙的压力端口, 使用柔软的硅树脂材料作装管, 或用它连结端口。 2. 连结一个瓶子或简单的将圆管压入一个 1 ml 的注射器孔。然后连结装管和圆管。
<p>旋转位置传感器</p>	<p>ROTARY POSITION</p>  <p>Line up mark on spindle with mark on body for 180°.</p>	<p>转角范围：0 ~ 360 度 (可测到 340 度)。 扭矩：最大 0.25 oz。 最大负载：50 g。 与 RCX 相比的典型准确度：± 2 %。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波运动, 如钟摆。 2. 植物生长过程测定器。 3. 张力测量。 4. 材料的膨胀或弹性。 5. 测量用于做面包地面团的生长情况。 6. 连结肺活量计测量呼吸率。 7. 空气阻力测量。 8. 材料的膨胀或弹性。

<p>电压测量传感器</p>	<p>V dc</p> <p>VOLTAGE MEASUREMENT</p> 	<p>测量范围: 直流 -24 V ~ +24 V。</p> <p>探针阻力: 410 kΩ。</p> <p>与 RCX 相比的典型准确度: $\pm 4\%$。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 量光电池和电发动机的效率。 2. 电路中的电流。 3. 电感的感应 emf (与大的线圈和磁体一起测量)。 4. 测量电阻或灯泡的电势差。 5. 电池的放电。 6. 电容的放电。 <p>注意: 附有完整的 4mm 探头和夹子的测量装置。</p>
----------------	--	--	--

后记：

此书从 2001 年 8 月开始编写，开始编写了二十多页，后来一度中断，2002 年 8 月底，由于越来越多人使用 ROBOLAB，其中很多人希望深入了解 ROBOLAB，并且希望能让 ROBOLAB 应用在一些物理、化学实验和课外活动中，所以我决定重新编写这本教材，希望能为这些人提供帮助。

这是一本有关 ROBOLAB 研究者的书，由于在研究者级别中不仅仅需要具备 ROBOLAB 的编程知识，还需要其他大量的相关知识，包括数据采集、处理等，处理部分应用大量数值计算的知识。虽然我尽量将相关的知识扦插在必要的地方，但是仍然觉得难以求全，有很多地方也需要完善，在这里，非常欢迎你提出宝贵意见，如果你有任何建议或问题，请跟我联系：

邓润洪 dengrunhong@semia.com

欢迎访问中国机器人社区：www.robotdiy.com

版本 V1.0.0 编写完成于 2002-9-18，正式对外发布。

修改日志：

1. 版本 V1.0.0 编写完成！一共 76 页。（2002-9-18）

2.



西觅亚科技——致力于中国的科技教育

www.semia.com

info@semia.com

中国机器人社区：www.robotdiy.com

