

目 录

第 1 章 搭建机器视觉处理平台	1
1.1 选择相机	1
1.1.1 扫描类型(Scan type)	1
1.1.2 相机分辨率(Camera Resolution)	2
1.1.3 相机的图像传输方式	3
1.2 选择图像采集板卡	5
1.3 选择软件处理平台	6
1.3.1 超高性价比的学习平台	7

第1章 搭建机器视觉处理平台

1.1 选择相机

光源选择好了以后，下一步就是选择相机。通常，在工业相机的说明书上，会出现这样的指标，如图 2.1 所示。

Prosilica Inc CV1280C Specifications

Technical Specifications	
Scan Type	Area scan
Max Frame Rate	29 Hz
Camera Resolution	1280 X 1024
Area Scan Type	Progressive area scan
Video Color	Color
Video Color Type	Mosaic
Interface Type	IEEE 1394
Digital Video Pixel Depth	8 bits/ch
Support Status	NI Supported
Camera Status	Current

图 2.1 工业相机指标(来自 www.ni.com)

下面本文将详述工业相机常见的指标，以帮助大家选择合适的相机。

1.1.1 扫描类型(Scan type)

相机中的成像元件是 CCD 芯片。如果 CCD 芯片只有一行感光器件(如图 2.2 左所示)，换句话说，每次只能对物体的一条线进行成像，那么，这种扫描类型成为线扫描(line scan)，这样的相机称为线阵相机。如果 CCD 芯片的感光区是个矩形阵面(如图 2.2 右所示)，换句话说，每次能对物体进行整体成像，那么，这种扫描类型成为面扫描(area scan)，这样的相机称为面阵相机。

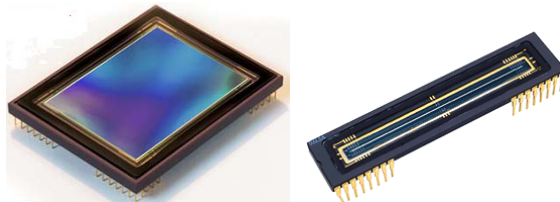


图 2.2 面阵 CCD vs. 线阵 CCD

面阵相机的优点是价格便宜，处理方面，可以直接获得一幅完整的图像。线阵相机的优点是速度快，分辨率高，可以实现运动物体的连续检测，比如传送带上的滤波等带状物体(这种情况下，面阵相机很难检测)；其缺点是需要拼接图像的后续处理。图 2.3 给出了线阵相机的一个成像实例，以帮助大家更好的理解线阵相机的成像过程。

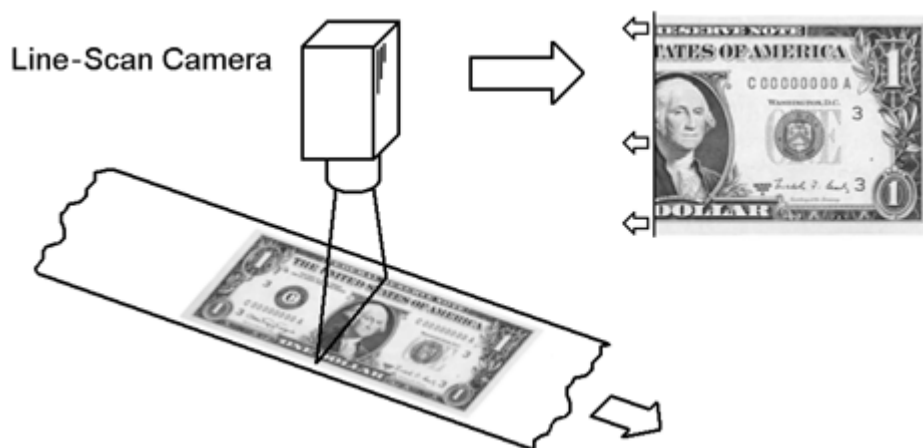


图 2.3 线阵相机成像实例

按照扫描方式不同，面阵相机还可以分为隔行扫描(Interlaced scan)和逐行扫描(Progressive Scan)。隔行扫描方式下一幅完整图像分两次显示，首先显示奇数场(1、3、5.....)，再显示偶数场 (2、4、6.....)，如图 2.4 所示。

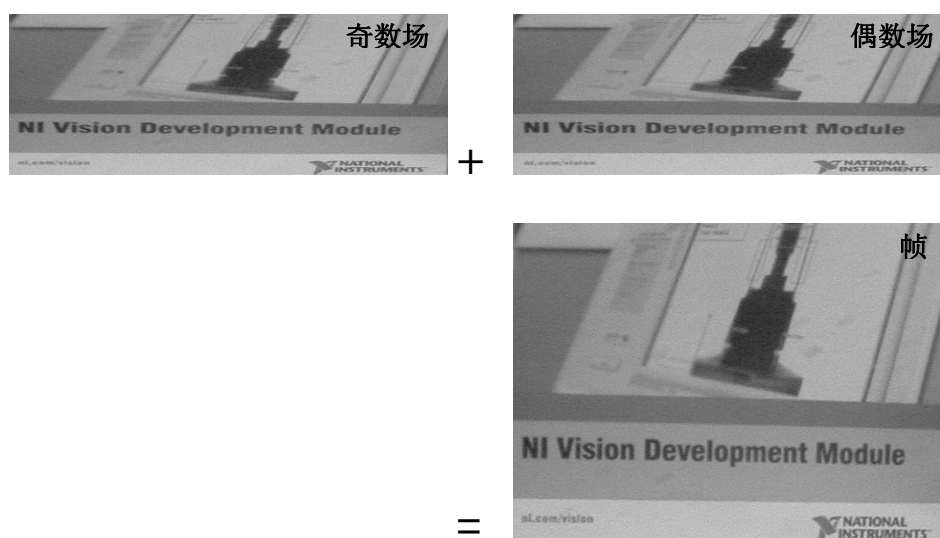


图 2.4 隔行扫描成像过程

隔行扫描相机的优点是价格便宜，但由于隔行扫描方式是先扫奇数场，再扫偶数场，所以隔行扫描相机在拍运动物体的时候容易出现锯齿状边缘或叠影。

逐行扫描相机则没有上述的缺点，由于所有行同时曝光，不会分先后，所以在拍摄运动图像画面清晰，失真小。其余参数相似的情况下，逐行扫描相机要比隔行扫描相机贵。

1.1.2 相机分辨率(Camera Resolution)

分辨率是影响图像效果的重要因素，我们一般用水平和垂直方向上所能显示的像素数来表示分辨率，例如 640×480。该值越大图形文件所占用的磁盘空间也就越多，从而图像的细节表现得更充分。

与分辨率联系非常紧密的参数是视场(Field of View)和特征分辨率(Feature Resolution)，如图 2.5 所示。视场是指能拍摄到的范围，特征分辨率是指能分辨的实际物理尺寸。

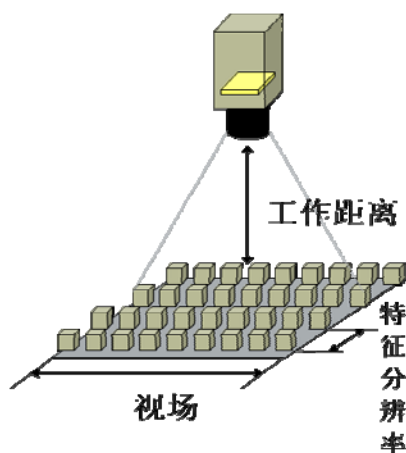


图 2.5 视场和特征分辨率

NI Vision Module 中的图像算法要求，物体最小的特征需要两个像素来表示，根据视场和相机分辨率，我们可以计算出特征分辨率。计算特征分辨率的公式为：

$$\text{特征分辨率} = \text{视场} / \text{分辨率} * 2$$

例如：相机分辨率为 **640 x 480**，横向的视场是 60mm，那么在横向的特征分辨率为： $60/640*2 = 0.1875 \text{ mm}$ 。

1.1.3 相机的图像传输方式

按照不同的图像传输方式，相机可以大略的分为模拟相机和数字相机。

1. 模拟相机

模拟相机以模拟电平的方式表达视频信号，如图 2.6 所示。模拟相机现在使用非常广泛，其优点是技术成熟、成本低廉、对应的图像采集卡价格也比较低。8-bit 的图像采集卡可以提供 256 级的灰度，对于大部分的图像应用已经足够了。

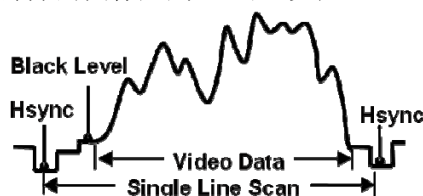


图 2.6 模拟视频信号

模拟相机有四个非常成熟的标准：PAL、NTSC、CCIR 和 RS-170，如表 2.1 所示。里面需要关注的参数有帧率、彩色/黑白、分辨率。

表 2.1 模拟相机标准

标准	使用地	帧率 帧/秒	彩色/黑白	分辨率
PAL	欧洲	25	彩色	768×676
NTSC	美国、日本	30	彩色	640×480
CCIR	欧洲	25	黑白	768×676
RS-170	美国、日本	30	黑白	640×480

由表 2.1 可以看出，不同的标准对应不同的参数，这些参数必须正确告知图像采集卡，

才能获得准确的图像。在 NI Measurement & Automation  快捷方式 中，可以根据相机模拟图像的输 出格式来配置图像采集卡，如图 2.7 所示。

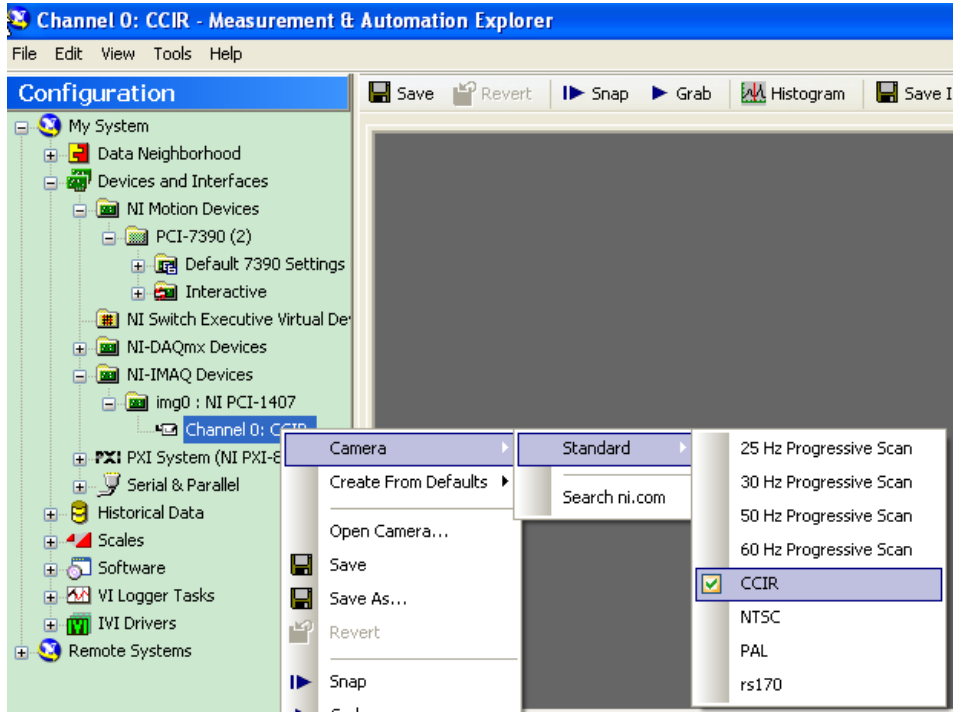


图 2.7 配置图像采集卡

模拟相机也有一些缺点，比如帧率不高，分辨率不高等等。在高速、高精度机器视觉应用中，一般都会考虑数字相机。

2. 数字相机

数字相机先把图像信号数字化后通过数字接口传到电脑中。常见的数字相机接口有 Firewire、CameraLink、GigE 和 USB。

Camera Link 是一个工业高速串口数据连接标准，它是由 National Instruments、摄像头供应商和其他图像采集公司在 2000 年 10 月联合推出的，它在一开始就对接线、数据格式、触发、相机控制等做了考虑，所以非常方便机器视觉应用。Camera Link 的数据传输率可达 1Gbits/s，可提供高速率、高分辨率和高数字化率，信噪比也大大改善。Camera Link 的标准数据线长 3 米，最长可达 10 米。如果您是高速或高分辨率的应用，Camera Link 肯定是首选。

Firewire 即 IEEE1394，开始是为数字相机和 PC 连接设计的，它的特点是速度快 (400Mbits/s)，通过总线供电和支持热插拔。另外值得一提的是，如果 PC 上自带 Firewire 接口，那么不需要为相机额外购买一块图像采集卡了，这在成本上也是一种优势。

GigE，即千兆以太网接口，它似乎综合了高速数据传输和远距离的特点，而且电缆便宜(网线)。缺点是支持这种接口的相机型号比较少，选择有限。

USB 相机较多的用在娱乐上，比如 USB 摄像头，USB 工业相机型号也比较少，在工业中的使用程度不高。但正是因为 USB 摄像头超级低廉（不到 100 元人民币），所以本文把 USB 摄像头作为机器视觉学习的硬件平台，这样可以方便大家以低廉的成本进入机器视觉

领域。

1.2 选择图像采集板卡

一般来说，选好相机后，图像处理板卡也就确定了。生产图像处理板卡的厂家非常多，如果您的应用除了单纯的图像处理外，还包括数据采集、运动控制等要求的话，选择 National Instruments 公司的图像处理板卡是一个不错的选择。因为所有功能都可以在一个统一的软件平台(LabVIEW)和硬件平台(PXI)上完成，方便系统集成。

在 www.ni.com/camera 上提供一个相机选择助手，如图 2.8 所示。

Industrial Camera Advisor

Welcome to the National Instruments Camera Advisor for Machine Vision and Scientific Imaging! The Camera Advisor helps you determine if your camera is supported by National Instruments hardware and provides the necessary support files to quickly start acquiring images.

Tutorial: Is my camera already supported?

Option 1: Browse/Search for Camera Support

List of current cameras supported

List of current and obsolete cameras supported

Search

Manufacturer	<input type="text" value="Not Required"/>	
Model	<input type="text"/>	
Scan Type	<input type="text" value="Not Required"/>	<input data-bbox="1219 1151 1251 1184" type="button" value="?"/>
Video Color	<input type="text" value="Not Required"/>	<input data-bbox="1219 1218 1251 1252" type="button" value="?"/>
Interface Type	<input type="text" value="Not Required"/>	<input data-bbox="1219 1285 1251 1319" type="button" value="?"/>
Sensor Type	<input type="text" value="Not Required"/>	
Support Status	<input type="text" value="Not Required"/>	
Camera Status	<input type="text" value="Not Required"/>	

图 2.8 相机选择助手

在相机选择助手选择相应的参数，如供应商、扫描模式、接口类型、分辨率等，就可以查到到相应的应用比较成熟的相机，并且还可以比较同类型的相机。

点击到感兴趣的相机页面，不仅可以获得相机相关的信息，还可以得到图像采集卡的推荐，如图 2.9 所示。推荐的图像采集卡都是经过 NI 公司验证过的，所以可以把兼容性问题降到最低。

Industrial Camera Advisor

Prosilica Inc CV1280



- Fast Framrates (more than 30 fps at megapixel resolutions)
- Snapshot shutter
- Advanced triggering (TTL levels)
- IEEE-1394 (Firewire) - DCAM 1.3 compliant (IIDC 1.3)
- High Resolution (1280 x 1024)

CVS1280 high-resolution digital machine vision camera designed specifically with National Instruments in mind. DCAM-compliant Firewire (IIDC 1.30 and 1.31) and advanced triggering. Special features include extended dynamic range function, high framerates, versatile triggering and region of interest readout.

[Contact Prosilica Inc](#)

[View Full Specifications](#)

NI Compatible Products

NI - Compatible Hardware

[778925-01](#)

NI PCI-8252/PXI-8252 IEEE-1394 interface device

For use with 1394 connection

[778638-01](#)

NI CVS-1454/1455/1456 IEEE-1394 Compact Vision System

[779679-01](#)

图像采集板卡

NI PCIe-8255 IEEE-1394 interface

图 2.9 相机信息页面

1.3 选择软件处理平台

机器视觉处理软件有很多种，比如源代码开放的 [OpenCV](#)，[Mathworks](#) 公司的图像处理工具包，[Matrox](#) 公司的 Imaging Library，[National Instruments](#) 公司的 LabVIEW 等等。

如果目标是机器视觉算法研究，需要考虑软件的源代码是否开放。

如果目标是机器视觉系统的开发，需要考虑的因素有：图像处理函数库是否完备；发布费用是否高昂；使用是否方便；开发平台是否统一；与硬件结合是否容易；公司的售后服务及技术支持是否到位等等。

机器视觉系统开发带有很强的试验性质，通常需要多种处理算法混合在一起才能取得目标效果，需要一边尝试一边开发。如果图像处理函数库不够完备，那么开发起来，处理过程将受到很多限制。

商业的软件平台通常会收取发布费用，如果产品比较低端，那昂贵的发布费用将占去大部分利润。

对于系统开发来说，商品的上市时间是一个重要的因素，大量的时间花在源代码的调试上是一件得不偿失的事情，所以软件的易用程度和学习曲线将是一个重要的考虑因素。

机器视觉系统是一个涵盖机械、图像处理、数据采集和运动控制等的复杂系统，如果开发平台统一，容易集成诸如数据采集和运动控制等功能的话，那比较容易开发出功能更加复杂、附加值更加高的产品。笔者在学生期间曾经做过一套系统，在 VC 下进行图像采集与处理，用单片机系统实现数据采集，用 PLC 进行电机控制，然后用 RS485 进行通信。在这个工程项目中，必须学习 VC，Keil C 和 GXDeveloper 三种开发平台，且不说各模块功能的实现，单是设计和开发通讯协议，就在三个平台间辗转反侧，花了很多精力和时间。

另外，如果供应商的技术支持很好，比如有免费 800 电话，工程师现场支持等服务的话，会非常有助于项目的开发。笔者在项目开发时，遇到问题的主要解决途径就是 Google 和论坛。

本文将介绍 [National Instruments](http://www.ni.com) 公司的 LabVIEW 开发平台，在这个平台不仅可以学习图像采集、图像处理及机器视觉，学完后还能将所学到的知识和技能直接用于机器视觉系统的开发。

1.3.1 超高性价比的学习平台

前文中提到，USB 摄像头常用于家庭娱乐，但由于其价格低廉，非常适合做学习机器视觉的入门级硬件。本节将介绍 LabVIEW 平台下，如何利用 USB 摄像头学习机器视觉的方法。

1. 买一个支持 DirectShow 的 USB 摄像头，就是 QQ 聊天的那种，免驱的。我买的是剑桥 A36 Pro,不到 100 元 RMB。
2. 安装 LabVIEW7.1 以上的版本，参加任何的 NI 研讨会都可以拿到 LabVIEW 的试用光盘，也可以到 <http://www.ni.com/labview/> 下载
3. 安装 NI Vision Development Module，参加 NI 机器视觉研讨会就可以拿到 Vision Development Module 的试用光盘，或者到网上去下载，需要注意的是 Vision Development Module 的版本号要和 LabVIEW 对应，比如 LabVIEW 使用的是 8.2，那么 Vision Development Module 也要使用 8.2。
4. 到 <http://sine.ni.com/devzone/cda/epd/p/id/5030> 去下载 NI-IMAQ for USB Cameras，这是在 LabVIEW 下，支持 DirectShow 的 USB Camera 的驱动并安装。
5. 如果您用的是中文 WinXP SP2 操作系统，还需要到 http://forums.ni.com/ni/board/message?board.id=170&thread.id=154541&view=by_threading&page=5 去下载一个 dll 文件(ImaqDirectShowDll)，并用该文件覆盖 system32 文件夹下的同名文件。

上述系统的总花费就是一个可以用于 QQ 聊天的 USB 摄像头。

当系统配置好后，可以到 C:\Program Files\National Instruments\LabVIEW 8.5\examples\IMAQ 文件夹下，双击 imaqUSB examples.llb 文件，打开 Grab.vi，然后运行。如果运行成功，则可以获得图像，如图 2.10 所示。

如果不成功，可以到 <http://www.vihome.com.cn/bbs/> 的机器视觉测试版把问题帖出来，版上有很多热心的工程师，会帮您解决问题。

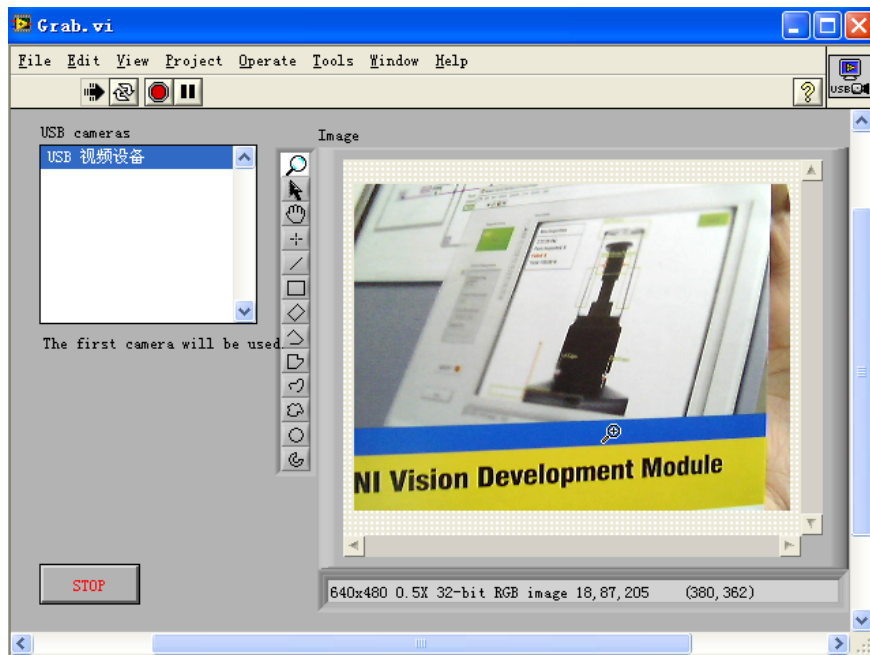


图 2.10 USB Camera Grab.vi

目 录

第 1 章 搭建机器视觉处理平台.....	1
1.1 选择光源.....	1
1.1.1 常见的光源类型.....	1
1.1.2 照明效果的优化.....	5
1.1.3 光源评估服务.....	7

第1章 搭建机器视觉处理平台

通常，典型的机器视觉系统由以下四个部分——光源、相机、图像采集卡和图像处理软件组成，如图 1.1 所示。

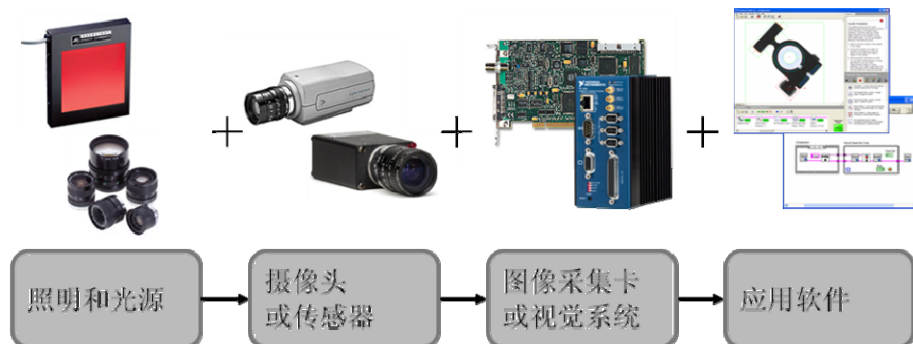


图 1.1 典型的机器视觉系统

作为机器视觉系统开发工程师，我们必须根据实际需要选择好光源，相机，图像采集卡和图像处理软件。下面本文将依次介绍如何选择光源，相机，图像采集卡和图像处理软件，并介绍一种对初学者来说性价比非常高的学习方案。

1.1 选择光源

刚接触机器视觉系统时可能无法意识到光源选择恰当与否直接关系到系统的成败。例如，把 10 斤红豆(待观察的对象特征)、10 斤绿豆(不需要关注的物体)和 10 斤沙子(噪声)混合在一起让你在三分钟内把 10 斤红豆筛选出来和把 10 斤红豆、1 斤绿豆、1 斤沙子混合在一起让你在三分钟内把 10 斤红豆筛选出来，谁更容易些？显然干扰少(绿豆)，噪声低(沙子)的工作才能干的又快又好！

- 选择光源的目标就是：
- 1、增强待处理的物体特征；
 - 2、减弱不需要关注的物体和噪声的干扰；
 - 3、不会引入额外的干扰。

以获取高品质、高对比度的图像。

按照照明方式的不同，光源可以分为：直接照明光源、散射照明光源、背光照明光源、同轴照明光源和特殊照明光源。下面，本文将依次介绍各种不同的光源。

1.1.1 常见的光源类型

1. 直接照明光源

直接照明光源就是光源直接照射到被检测物体上，它的特点是照射局域集中、亮度高和安装方便，可以得到清楚的影像。常见的直接照明方式有沐光方式、低角度方式、条形方式和聚光方式。

沐光方式

沐光方式常用的是 LED 环形光源，如图 2.1 所示。高密度的 LED 阵列排列在伞状结构中，可以在照明区域产生集中的强光。

图 2.1 的右方部分是 LED 环形光源的安装部分，其中被检测的物体应该在图中的 Work 区域。

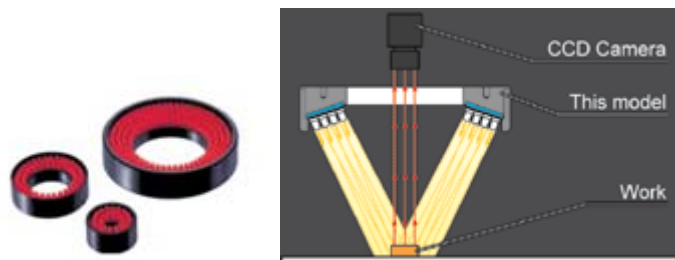


图 2.1 LED 环形光源，沐光方式(引自 www.ccs-inc.co.jp)

该种照明方式的**优点**是亮度大、灵活、容易适应包装要求；**缺点**是：阴影和反光；常见的**应用**是：检测平面和有纹理的表面。其照明效果如图 2.2 所示，左边是实物图，右边是照明效果图，可以看到，在沐光方式下，芯片表面的字迹显示的非常清晰。

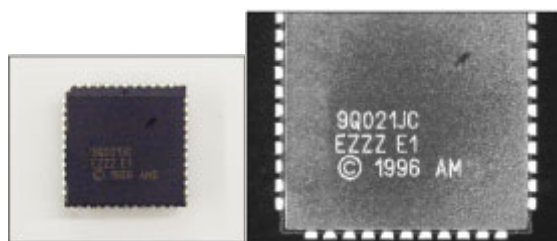


图 2.2 沐光方式照明效果(引自 www.ccs-inc.co.jp)

低角度方式

低角度方式常用的也是 LED 环形光源，如图 2.3 所示。与沐光方式用的环形光源不同的是，它更大，安装的角度更低，接近 180 度。

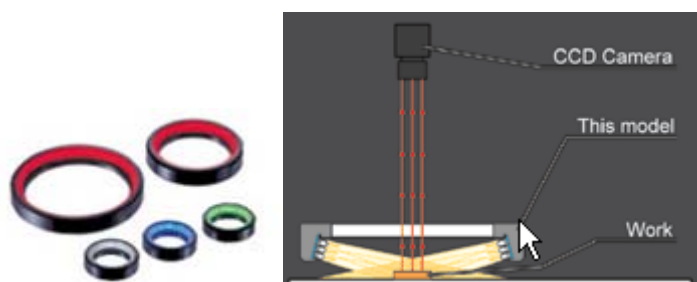


图 2.3 低角度方式(引自 www.ccs-inc.co.jp)

低角度方式下，光源以接近 180 度角照明物体，容易突出被检测物理的边缘和高度变化。该种照明方式的**优点**是凸显表面结构，增强图像的拓扑结构；**缺点**是：热点和极度阴影；常见的**应用**是：检测平面和有纹理的表面。其照明效果如图 2.4 所示，左边是实物图，右边是照明效果图可以看到，在低角度方式下，硬币的边缘及字迹的边缘显示的非常清晰。



图 2.4 低角度方式照明效果(引自 www.ccs-inc.co.jp)

条形方式

条形方式常用的是 LED 条形光源，如图 2.5 所示。条形方式除具备沐光方式的优点外，其安装角度还可以按照需要进行调节。通过调节光线的角度和方向，可以检测到被测物体表面是否有光泽，是否有纹路，也可以检测到表面特征。

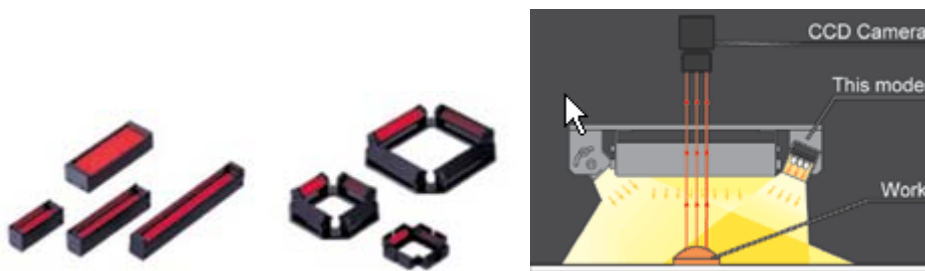


图 2.5 条形方式(引自 www.ccs-inc.co.jp)

聚光方式

聚光方式主要是在条形光源上加入一个柱型透镜，把光线汇聚成一条直线，以产生高亮度线光源，如图 2.6 所示。线性聚光方式常常配合线阵相机获得高质量的图像。

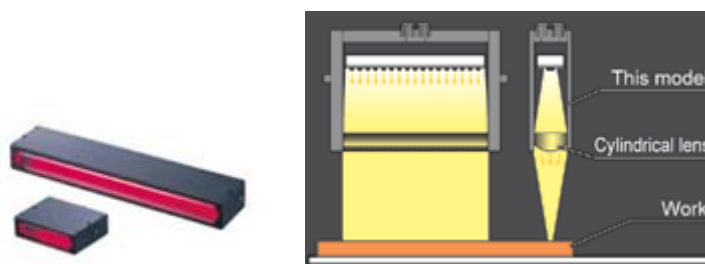


图 2.6 聚光方式(引自 www.ccs-inc.co.jp)

2. 散射照明光源

对于表面平整光洁的高反射物体，直接照明方式容易产生强反光。散射照明先把光投射到粗糙的遮盖物上(比如漫射板)，产生无方向、柔和的光，然后再投射到被检测物体上，如图 2.7 所示。这种光最适合高反射物体。

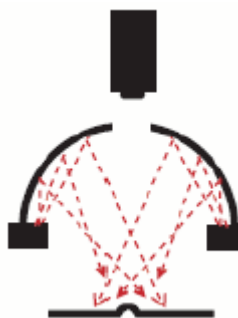


图 2.7 散射圆顶照明

低角度方式

与前述直接照明的低角度方式不同，散射方式的光源先经过内壁散射之后再均匀的照射到物体上，在提供均匀照明的同时，有效的消除了边缘的反射，如所示。

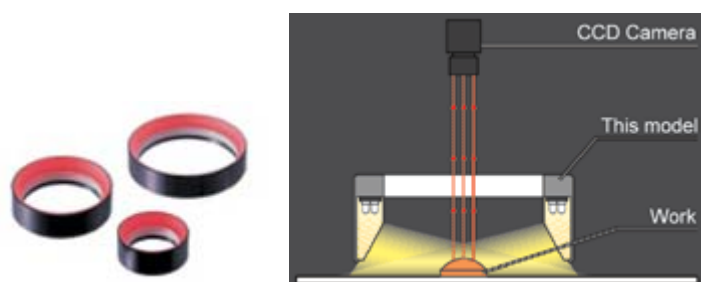


图 2.8 散射照明中的低角度方式(引自 www.ccs-inc.co.jp)

上述的照明方式常用于 BGA 焊点检测，芯片管教检测等应用，图 2.9 是 BGA 焊点的成像实例，在图中可见，在低角度散射照明下，BGA 的焊点清晰且没有反光。

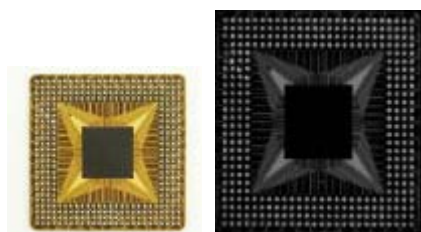


图 2.9 BGA 焊点的成像实例(引自 www.ccs-inc.co.jp)

扁平环状方式

扁平环状方式是在光源前面加了一块漫反射板，光源经过反射后再经过漫反射板，可以形成均匀漫射的顶光，避免了眩目光和阴影，如图 2.10 所示。

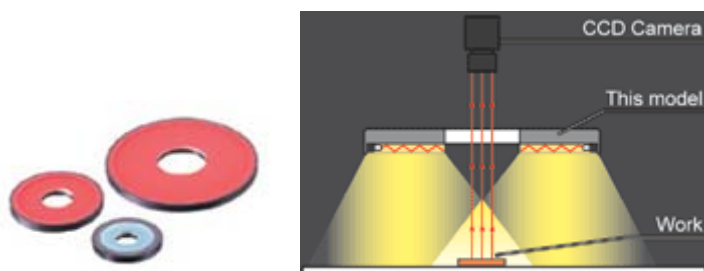


图 2.10 扁平环状方式

圆顶方式

圆顶方式如图 2.11 所示，最适合表面有起伏、光泽的被测物体的文字检查。

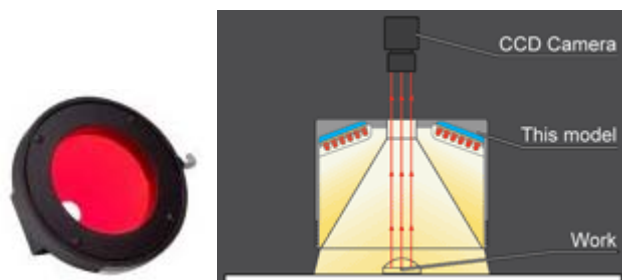


图 2.11 圆顶方式

3. 背光照明光源

背光照明方式下，光源均匀的从被检测物体的背面，可以获得高清晰的轮廓，常用于物体外形检测、尺寸检测等等，如图 2.12 所示。

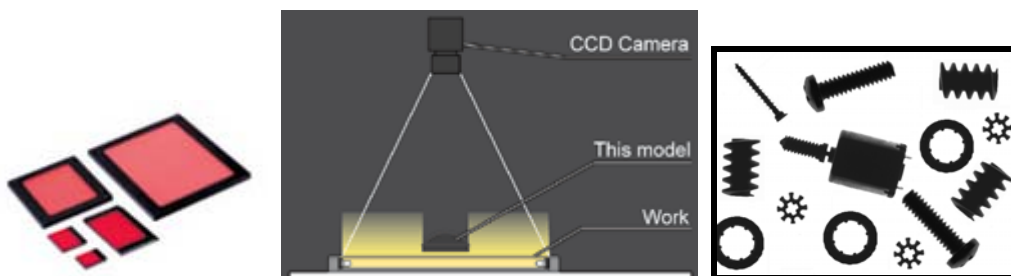


图 2.12 背光照明方式及其成像实例

4. 同轴照明光源

LED 的高强度均匀光线通过半镜面后成为与镜头同轴的光，如所示。具有特殊涂层的半镜面可以抑制反光和消除图像中的重影，特别适合检测镜面物体上的划痕。

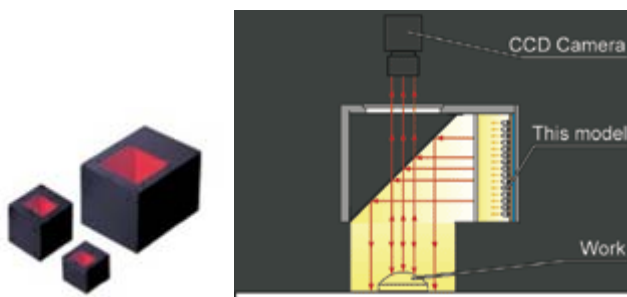


图 2.13 同轴照明光源

5. 特殊照明光源

特殊照明光源包括平行光光学单元、显微镜专用照明系统和按照客户要求定制的光源等等。

1.1.2 照明效果的优化

当选择好一款光源类型后，还可以利用很多技术来最优化检测结果。

1. 颜色

对于不发光体来说又可分为透明体和不透明体两种，大部分是不透明体。不透明体都具有反射或吸收不同波长的色光的能力，被吸收掉的色光我们是看不见的。只有反射回来的色光才直接作用于我们的眼睛，所以我们看到的不透明体的颜色是反射光的颜色，这就是“反射色”。如果用红光照射红色的物体，能得到最高的亮度；若用红色光照射绿色物体，可以得到最低的亮度，或者说图像几乎是黑色的，因为绿色物体基本不反射红色光。在图 2.14 所示彩色轮展示了色彩之间的对应情况。用一种颜色照射它相对的颜色，基本是黑色；照射其它颜色，物体亮度依次增加；照射同样的颜色，可以得到最大的亮度。

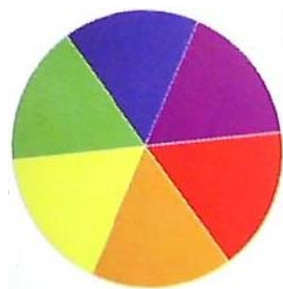


图 2.14 彩色轮

所以，适当的选择光源颜色，可以增强图像的对比度。图 2.15 展示了 BGA 焊点分别在红色光和蓝色光下的成像实例；在红色光下，芯片中央的条纹依然清晰可见(图中)，这为引脚检测引入了一些干扰；在蓝色光下，芯片中央的条纹基本看不见了，仅留下 BGA 焊点的影像，便于后续检测。

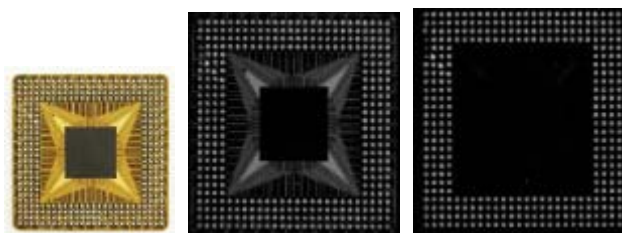


图 2.15 BGA 引脚分别在红色光和蓝色光下的成像实例

2. 滤光镜

消除不必要的数据和噪声可以加快有用信息的处理速度。滤光镜是一个简单的限制进入相机光线的技术。常见的滤光镜有偏光镜、波通镜和阻隔镜。它们的作用类似滤波器，滤掉符合一定条件的信号。

图 2.16 展示了偏光镜消除眩光的一个成像实例。在相机镜头前添加偏光镜，旋转偏光镜到眩光最小的地方；如果眩光还影响检测，则可以再加一个偏光镜知道图像清晰为止。

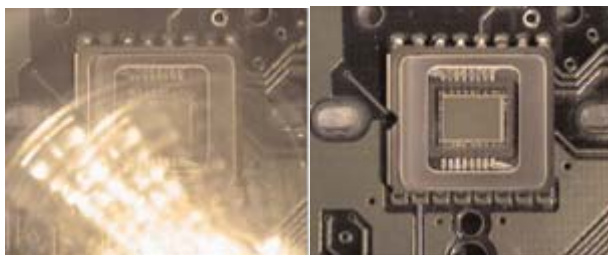


图 2.16 偏光镜消除眩光的成像实例

1.1.3 光源评估服务

在选择光源的时候，如果感觉拿不准，可以把样品提供给光源提供商，光源提供商会在光源实验室里面为大家选择合适的光源。

目 录

第 3 章 图像采集.....	1
3.1 采集单幅图像.....	1
3.1.1 基于图像采集卡的 Snap 操作.....	1
3.1.2 基于 USB 摄像头的 Snap 操作.....	3
3.1.3 使用 Snap.vi 进行连续图像采集的速度问题.....	4
3.2 采集连续图像.....	5
3.2.1 基于图像采集卡的 Grab 操作.....	6
3.2.2 基于 USB 摄像头的 Grab 操作.....	7
3.3 多缓冲区采集方式.....	8
3.3.1 Sequence 图象采集方式.....	9
3.3.2 Ring 图象采集方式.....	10
3.4 触发.....	11
3.4.1 触发信号类型.....	11
3.4.2 触发方式图象采集的实现.....	12
3.5 图像保存与读取.....	14
3.5.1 图像文件格式简介.....	14
3.5.2 保存图像.....	15
3.5.3 读取图像.....	16

第3章 图像采集

当选定好机器视觉的软硬件平台后，下一步就是图像采集。本章将详细讨论基于 USB 摄像头的图像采集和工业相机的图像采集，大家可以根据手中硬件的不同而选读不同的部分。从软件的视角来看，尽管硬件不同，但编程的思路和模式是基本一致的。

本文使用的工业相机是 Panasonic 的 BP330，它是一款遵循 CCIR 标准的黑白相机，图像采集卡是 NI 公司的 PCI-1407(任何标准制式的黑白模拟相机都可以接到 PCI-1407)。把相机连接到 PCI-1407 后，即可在 MAX 下找到 PCI-1407，点击 Grab 按钮，还可以采集到图像，如图 3.1 所示。

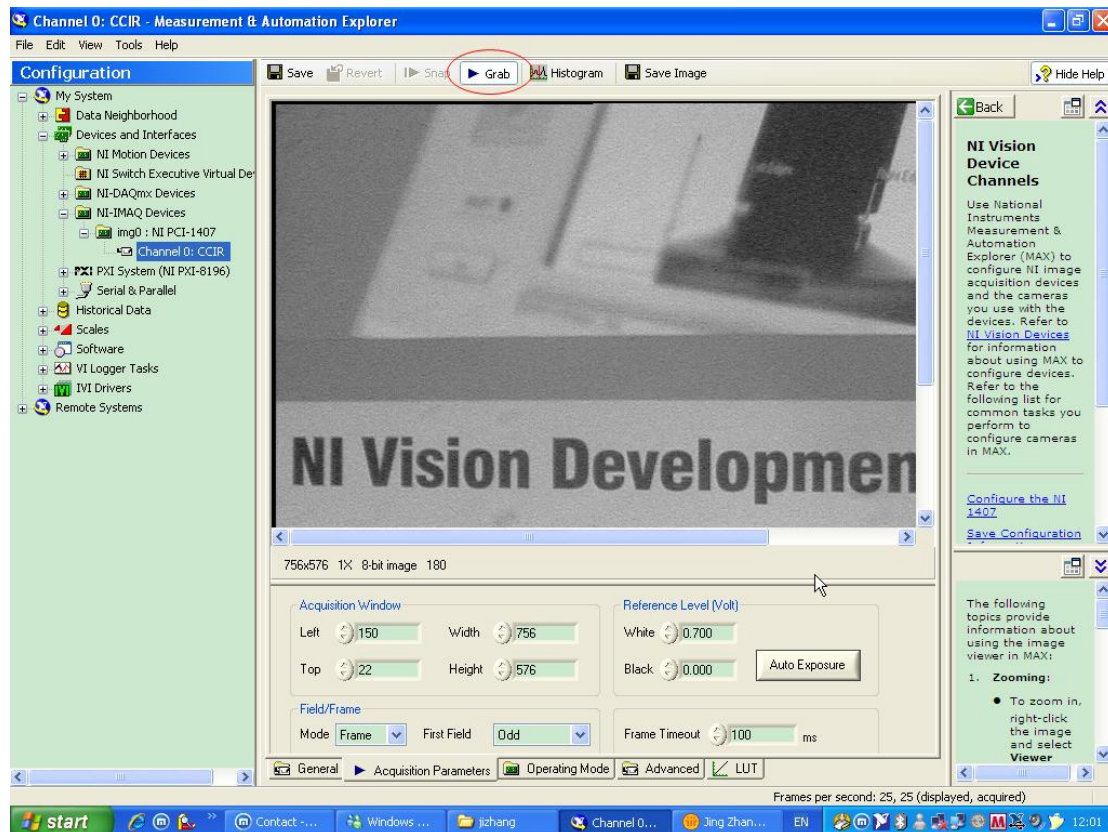


图 3.1 在 MAX 里面采集图像

如果你使用的是 USB 摄像头，那么请参考 **Error! Reference source not found.** **Error! Reference source not found.**，运行 imaqUSB examples.llb 中的 Grab.vi。在软硬件正常工作的情况下，可以看到从 USB 摄像头中传出的图像，如 **Error! Reference source not found.**所示。

在进行机器视觉系统开发前，我们通常都会如上所示先验证软硬件是否能正常工作，以便后续开发。

3.1 采集单幅图像

3.1.1 基于图像采集卡的 Snap 操作

采集单幅图像是基本的图像采集操作之一，对应的动作叫 **Snap**。每次 Snap 时，图像数据先从相机传到图像采集卡，然后再传到计算机的内存(图像处理缓冲区)中去，如图 3.2 所示。

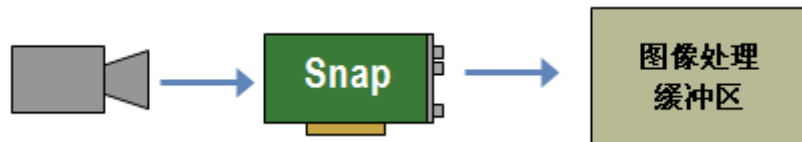


图 3.2 **Snap** 方式采集图像过程

Snap 方式的图像采集程序如图 3.3 所示：

第 1 步：调用 IMAQ Init.vi 完成图像采集板卡的初始化工作。

第 2 步：调用 IMAQ Create.vi 为图像数据创建一个数据缓冲区。

第 3 步：调用 IMAQ Snap.vi 从图像采集板卡中读入一帧图像数据，并把它放入先前创建的数据缓冲区中，并放入 Image 中显示。

第 4 步：当图像数据缓冲区被释放后，我们在前面板上将看不到采集的图像了，所以特地添加一个人为的延时程序，等待用户停止。

第 5 步：调用 IMAQ Close.vi，释放占有的图像采集板卡。

第 6 步：调用 IMAQ Dispose.vi，释放占有的图像数据缓冲区。

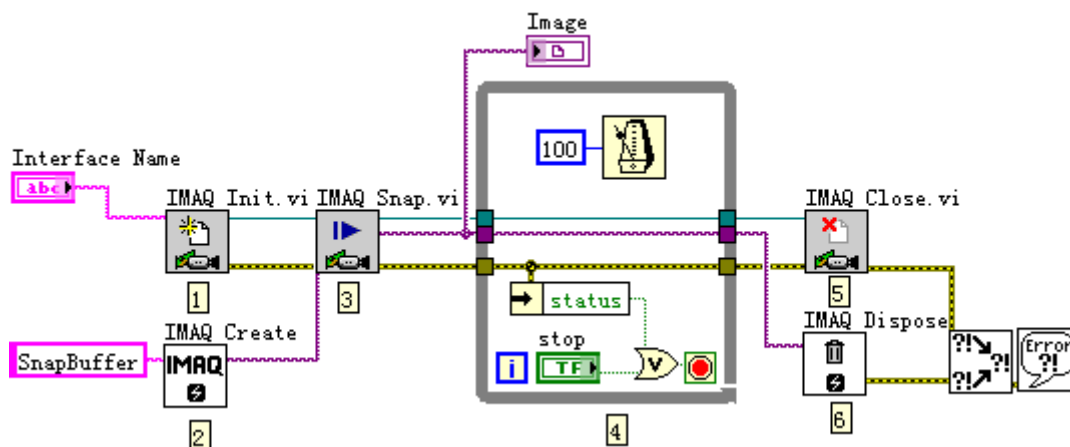


图 3.3 **Snap** 范例程序

单幅图像采集的运行结果，如图 3.4 所示。

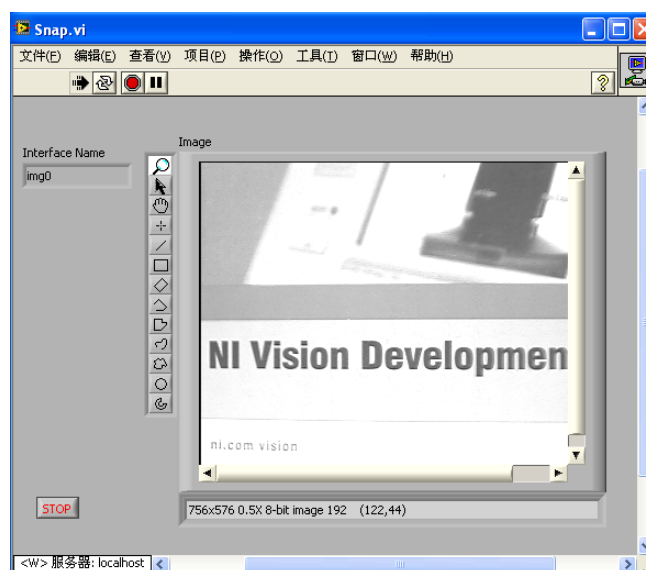


图 3.4 单幅图像采集

读到这里，大家可能跟我一样都有一个疑问，为什么必须有第二步和第六步，即创建图像数据缓冲区和释放图像数据缓冲区。这是因为每帧图像的数据量都特别大，如果在处理图像的过程中直接传递图像数据，则非常耗时。最好的方式是仅仅传递指向该数据缓冲区的引用。IMAQ Create.vi 完成的就是创建图像数据缓冲区并返回指向该数据缓冲区的引用的过程。

3.1.2 基于 USB 摄像头的 Snap 操作

USB 摄像头的 Snap 操作的程序实现与上面的基本相同，只需要用 IMAQ USB 函数选板中的函数替代相应步骤即可，如图 3.5 所示。

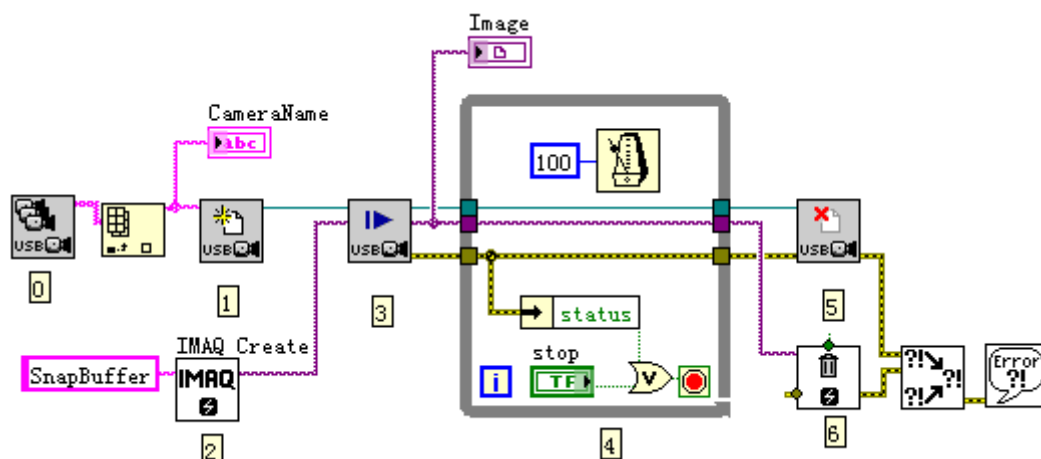


图 3.5 USB 摄像头 Snap 范例程序

USB 设备在正常工作以前，第一件要做的事就是枚举，所以 USB 摄像头在进行初始化前，需要先执行第 0 步，枚举系统中的 USB 摄像设备，接着：

第 1 步：调用 IMAQ USB Init.vi 完成 USB 摄像设备的初始化工作。

第 2 步：调用 IMAQ Create.vi 为图像数据创建一个数据缓冲区。

第 3 步：调用 IMAQ USB Snap.vi 从 USB 摄像设备中读入一帧图像数据，并把它放入先前创建的数据缓冲区中，并放入 Image 中显示。

第 4 步：当图像数据缓冲区被释放后，我们在前面板上将看不到采集的图像了，所以特地添加一个人工的延时程序，等待用户停止。

第 5 步：调用 IMAQ USB Close.vi，释放占有的 USB 摄像设备。

第 6 步：调用 IMAQ Dispose.vi，释放占有的图像数据缓冲区。

USB 摄像头 Snap 范例程序运行结果如图 3.6 所示。

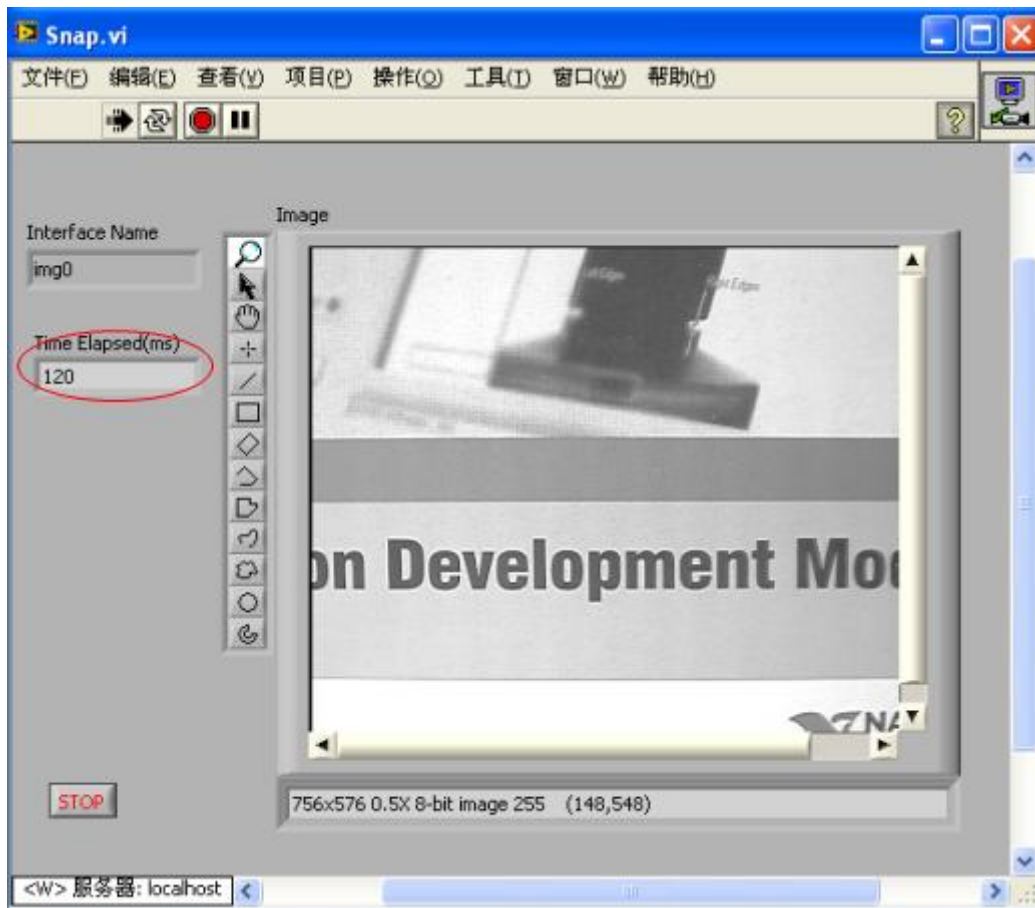


图 3.8 120ms 采集一帧图像

为实现高速的连续图像采集，NI Vision Module 提供了一个专用于连续图像采集的 VI，

IMAQ Grab Acquire.vi



IMAQ Grab Acquire.vi,

。下节本文将详述如何进行连续图像采集。

3.2 采集连续图像

IMAQ Snap.vi 运行速度之所以会慢，是因为 IMAQ Snap.vi 除了实现图像数据采集的操作外，还实现了许多初始化和资源释放的操作，大家可以双击 IMAQ Snap.vi，看看 IMAQ Snap.vi 的实现过程，如图 3.9 所示。

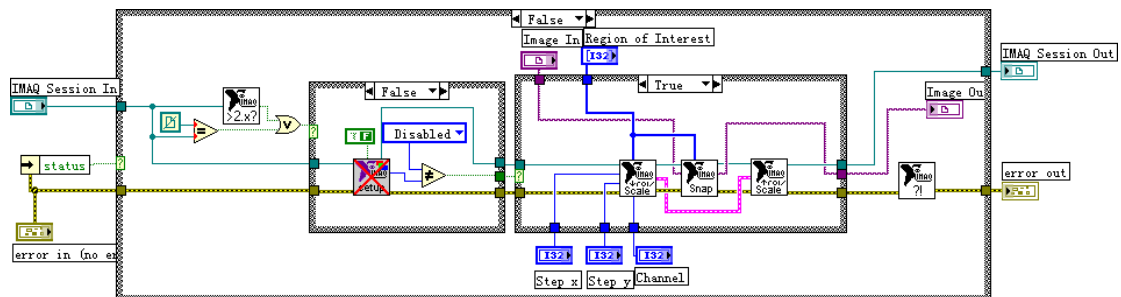


图 3.9 IMAQ Snap.vi

PS.看 NI 提供的 VI 的内部实现方式是一种很好的学习方式。——代码阅读

了解了速度慢的原因后，很自然的想到，既然是连续采集，何不把许多雷同的初始化操

作提取出去,在每次连续采集开始时,仅做一次初始化就可以。为实现快速的连续图像采集,NI Vision Module 提供了两个 VI,一个是 IMAQ Grab Setup.vi,另一个是 IMAQ Grab Acquire.vi。 IMAQ Grab Setup.vi 负责每次连续采集前的初始化, IMAQ Grab Acquire.vi 专注于图像采集。

3.2.1 基于图像采集卡的 Grab 操作

基于图像采集卡的连续图像采集的实现代码如图 3.10 所示。

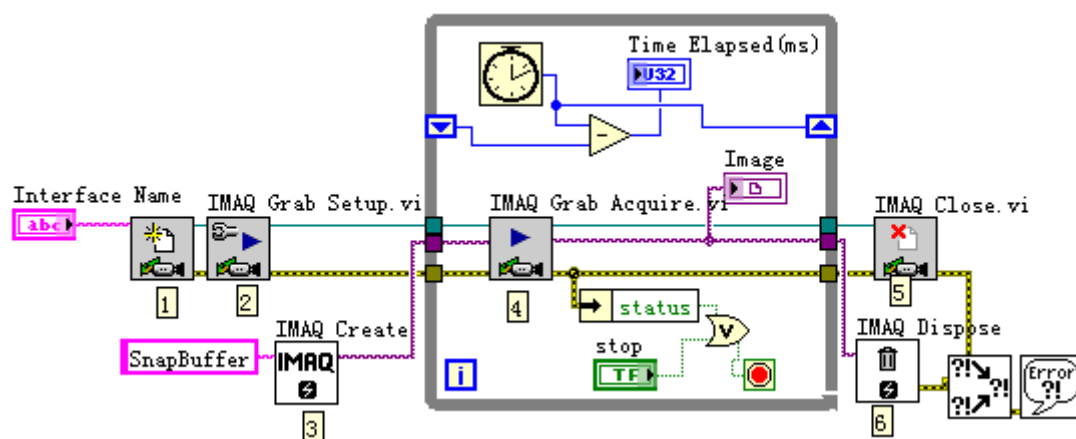


图 3.10 连续图像数据采集

第 1 步: 调用 IMAQ Init.vi 完成图像采集板卡的初始化工作。

第 2 步: 调用 IMAQ Grab Setup.vi 初始化 Grab 过程。

第 3 步: 调用 IMAQ Create.vi 创建图像数据缓冲区。

第 4 步: 调用 IMAQ Grab Acquire.vi 快速采集图像数据。

第 5 步: 调用 IMAQ Close.vi, 释放占有的图像采集板卡。

第 6 步: 调用 IMAQ Dispose.vi, 释放占有的图像数据缓冲区。

使用 IMAQ Grab Acquire.vi, 采集每帧图像的时间从 120ms 降到了 40ms, 如图 3.11 所示。

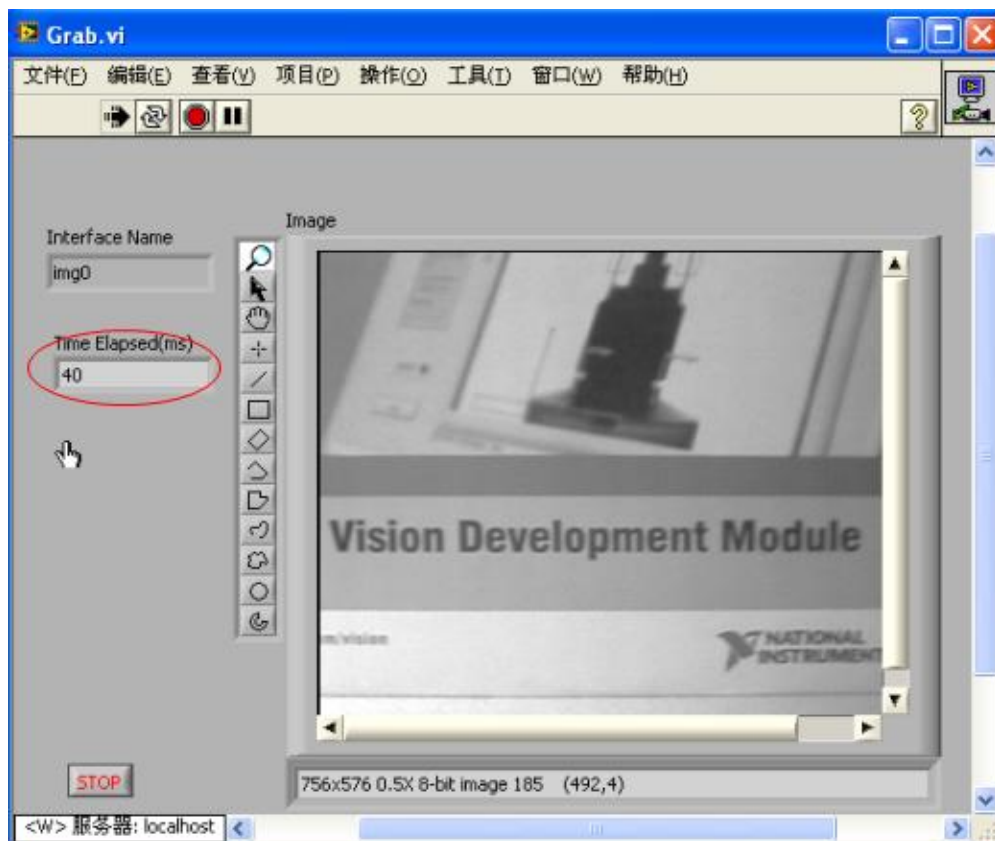


图 3.11 IMAQ Grab Acquire 运行结果

3.2.2 基于 USB 摄像头的 Grab 操作

同上，USB 摄像头的 Grab 操作的程序也与基于图像采集卡的实现过程基本相同，如图 3.12 所示：

- 第 0 步：调用 IMAQ USB Enumerate Camera.vi 枚举 USB 摄像头。
- 第 1 步：调用 IMAQ USB Init.vi 完成 USB 摄像头的初始化工作。
- 第 2 步：调用 IMAQ USB Grab Setup.vi 初始化 Grab 过程。
- 第 3 步：调用 IMAQ Create.vi 创建图像数据缓冲区。
- 第 4 步：调用 IMAQ USB Grab Acquire.vi 快速采集图像数据。
- 第 5 步：调用 IMAQ USB Close.vi，释放占有的 USB 摄像头。
- 第 6 步：调用 IMAQ Dispose.vi，释放占有的图像数据缓冲区。

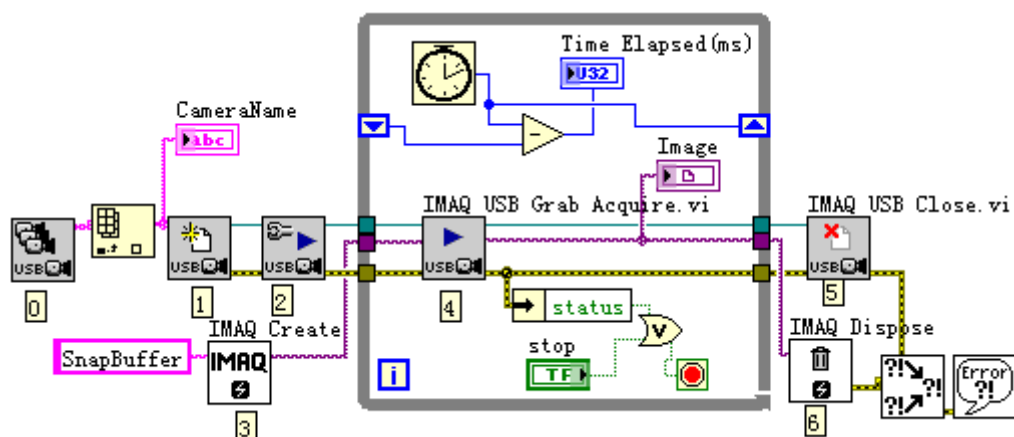


图 3.12 USB 摄像头的连续图像采集过程

使用 IMAQ USB Grab Acquire.vi 实现连续图像采集后，采集每帧图像的时间下降到了 35ms 毫秒左右，如图 3.13 所示。

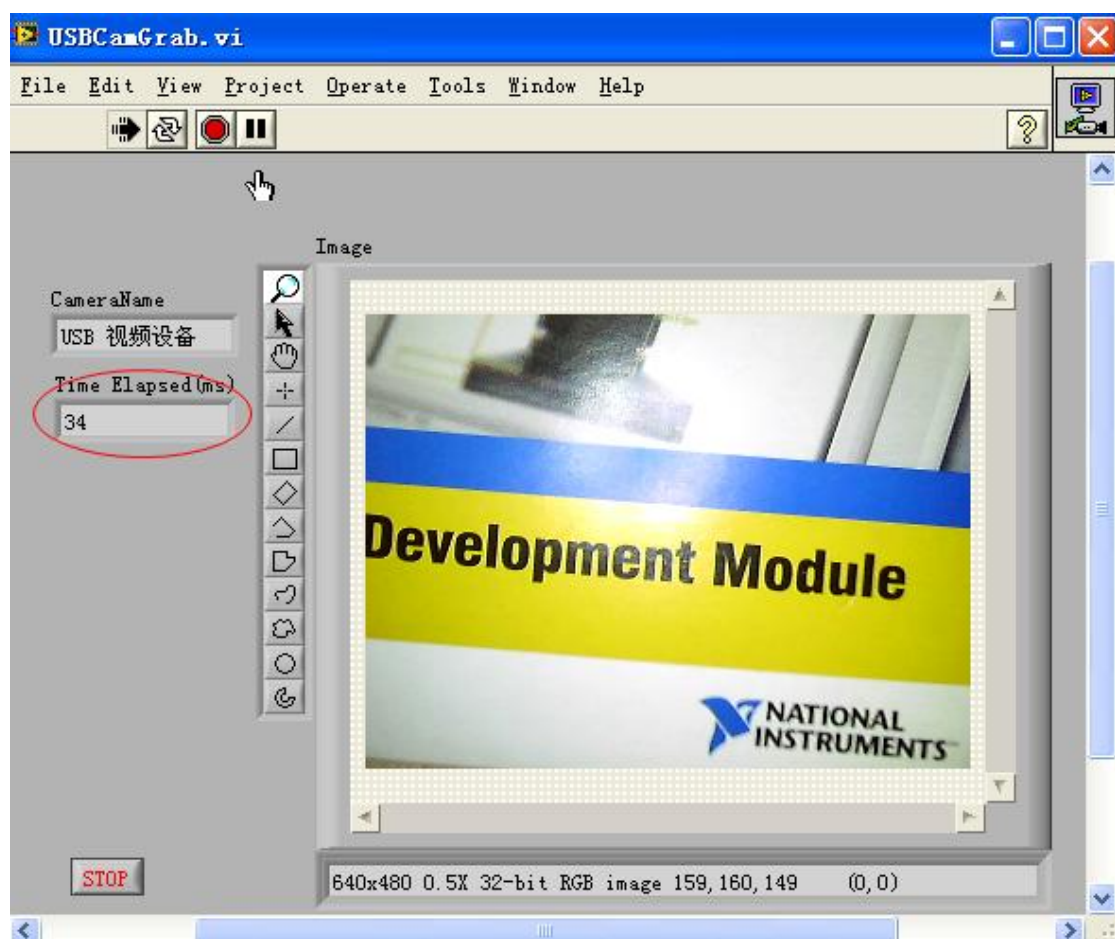


图 3.13 USB 摄像头连续图像采集结果

3.3 多缓冲区采集方式

从前面的章节中，我们学会了如何采集图像。在高速图像采集应用中，我们会发现前面的 Grab 方式会存在一个问题，即当图像采集速度非常高时，处理程序还来不及处理当前的图像，图像缓冲区里面的数据已经被新的图像数据所覆盖了。

为了解决采集缓冲区不足的问题,我们很自然的想到一个解决方案——增加图象采集缓冲区。

NI-IMAQ 提供了两种多缓冲区的方式,一种是 **Sequence**, 另一种是 **Ring**, 如图 3.14 所示。

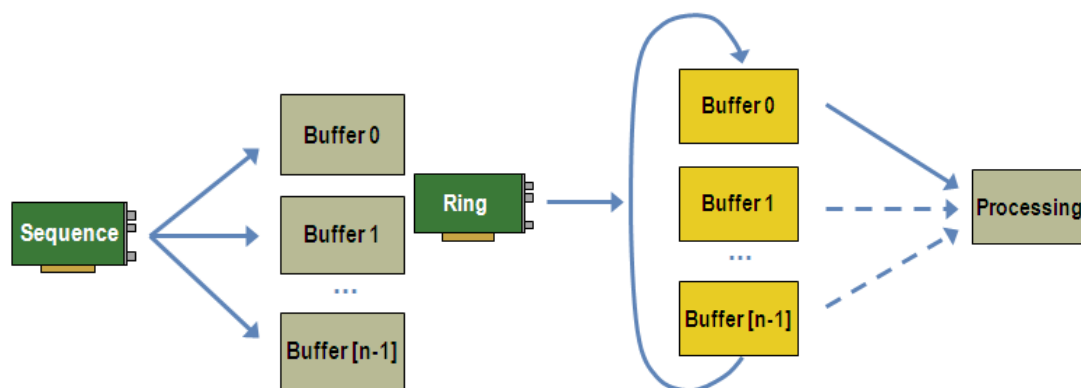


图 3.14 多缓冲区图象采集方式

Sequence 和 Ring 都是多缓冲区图象采集方式,它们的区别是,Sequence 是单次采集,而 Ring 是连续采集,类似 Snap 和 Grab。

在 Ring 方式下,当一个 buffer 中的数据正在被处理时,新采集到的图象数据会更新到另外的 Buffer 中去。

下面本文将依次介绍 Sequence 和 Ring 的实现方式。

3.3.1 Sequence 图象采集方式

Sequence 图象采集方式由 IMAQ Sequence.vi 实现,如图 3.15 所示。

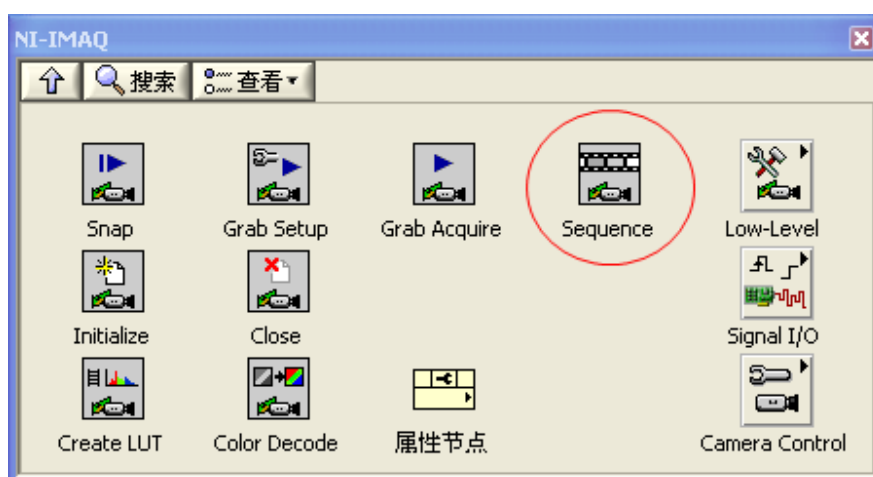


图 3.15 IMAQ Sequence.vi

IMAQ Sequence.vi 最重要的参数是 Images In, 如图 3.16 所示。Images In 是一个图象数据缓冲区引用数组,里面包含了多个由 IMAQ Create.vi 创建的图象数据缓冲区的引用。只有知道多个图象数据缓冲区在哪里,IMAQ Sequence.vi 才能完成多缓冲区模式的图象采集。

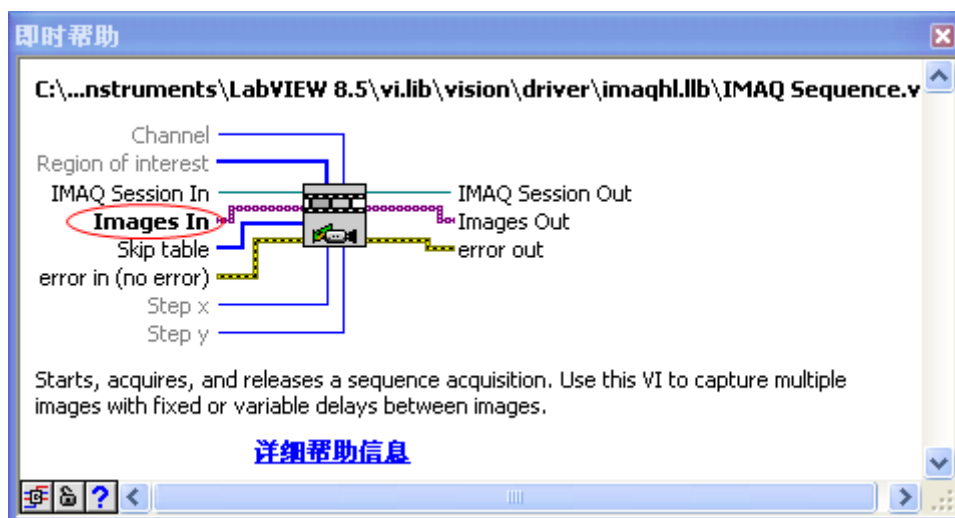


图 3.16 IMAQ Sequence.vi 参数

Sequence 图象采集方式的完整实现，大家可以参考范例程序中的 HL Sequence.vi，如图 3.17 所示。

第 1，4，5 步是大家熟悉的初始化图象采集卡，释放图象采集卡和释放图象缓冲区的程序。

第 2 步是调用 IMAQ Create.vi 创建多个图象数据缓冲区，需要注意的是，多个图象数据缓冲区名字必须不一样。

第 3 步是调用 IMAQ Sequence.vi 采集多帧图象数据，当指定数量的图象采集完毕后，IMAQ Sequence.vi 会返回并结束 Sequence 采集过程。

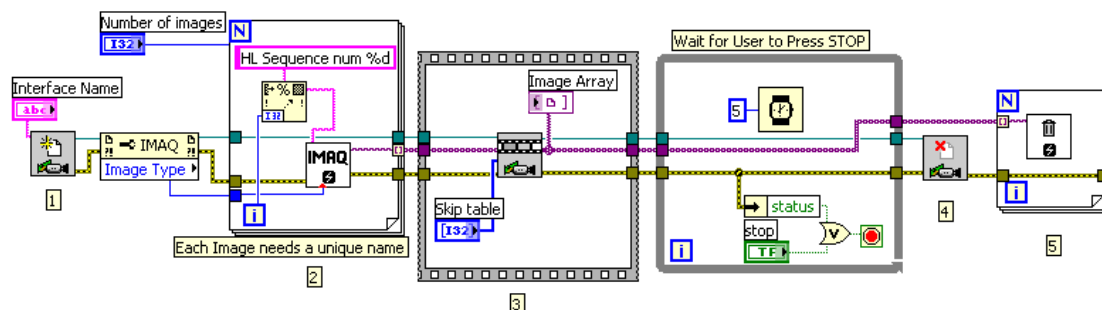
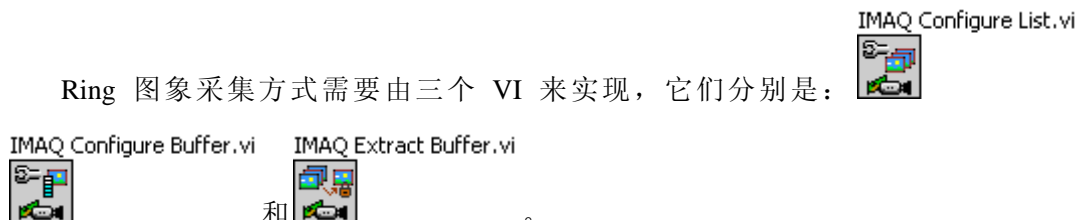


图 3.17 HL Sequence.vi

3.3.2 Ring 图象采集方式

Ring 图象采集方式需要由三个 VI 来实现，它们分别是：



IMAQ Configure List.vi 完成缓冲区列表的配置，告诉驱动程序缓冲区的数量(Number of buffers)，以连续还是单次的方式进行图象采集(Continuous?)以及缓冲区的位置(Memory Location)。

IMAQ Configure Buffer.vi 把创建好的图象缓冲区分配到缓冲区列表的对应位置上。

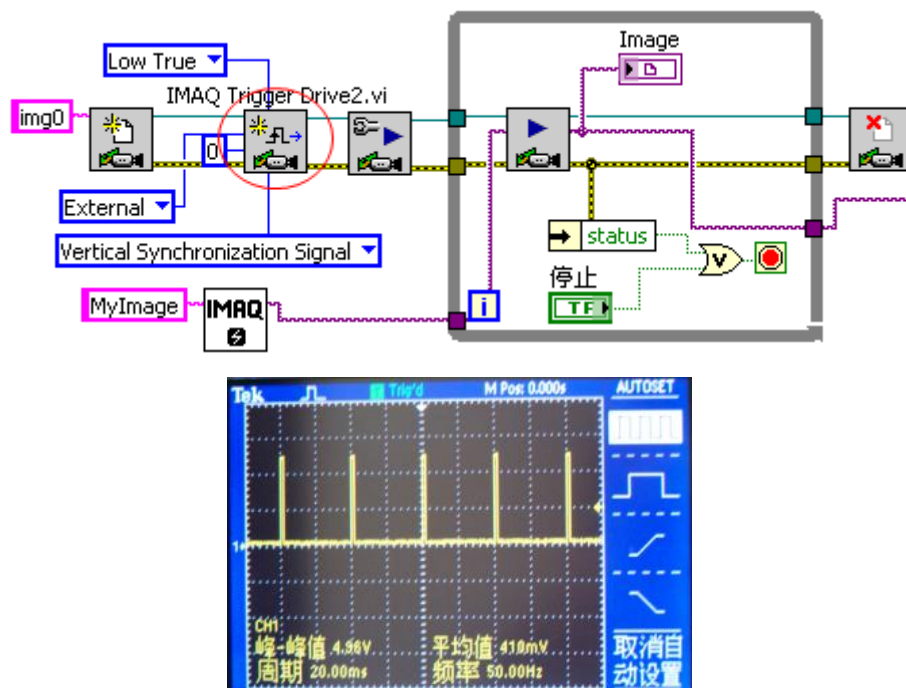


图 3.20 输出触发信号

图 3.20 中，程序通过调用 IMAQ Trigger Drive2.vi 向外部输出触发信号，触发信号的驱动信号为 Vertical Synchronization Signal(也可以为其它)。图 3.20 的下半部分是用示波器抓捕到的触发信号。

除了支持外部触发信号外，NI 的图象采集卡还可以通过 RTSI 线和 PXI 总线传递触发信号，这种特性可以方便系统集成工程师实现与运动控制卡和数据采集卡的高速可靠的同步。触发信号类型可以在参数 Trigger Type 中选择，如图 3.21 所示。

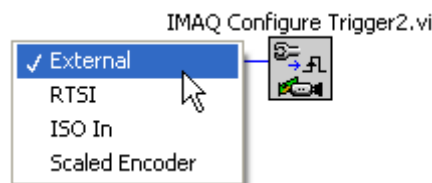


图 3.21 选择触发信号类型

3.4.2 触发方式图象采集的实现

触发信号虽然种类繁多，但使用起来却非常简单，需要记住的一个原则“在开始采集图象前必须先配置好触发信号”。

与上节思路相同，我们打开范例程序中的 HL Triggered Snap.vi，学习触发方式图象采集方式的实现方法，如图 3.22 所示。

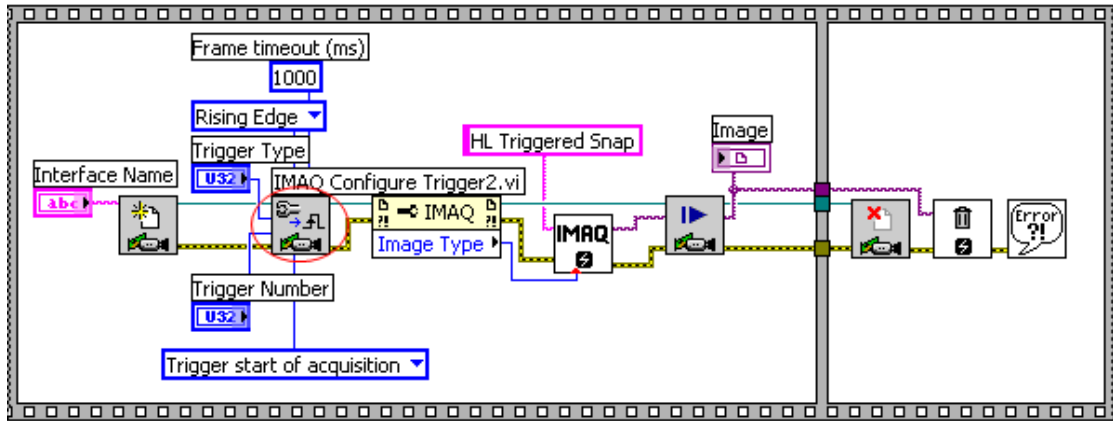


图 3.22 HL Triggered Snap.vi

从图 3.22 中，我们可以看出，相比基本的 Snap 采集方式，触发方式下的 Snap 采集方式仅仅多使用了 IMAQ Configure Trigger2.vi 对触发进行了配置。它告诉驱动程序触发信号是什么类型(Trigger Type)，触发信号从哪个触发端口进入(Trigger Number)以及当触发信号有效后，完成什么动作(Trigger start of acquisition)。

尽管触发信号的使用方式很多，很容易产生一种学起来很难的感觉，不过不要担心，在 NI 的范例查找器里面，可以找到所有触发信号使用方式的范例程序，如图所示，参考范例程序就可以大大缩短学习曲线。

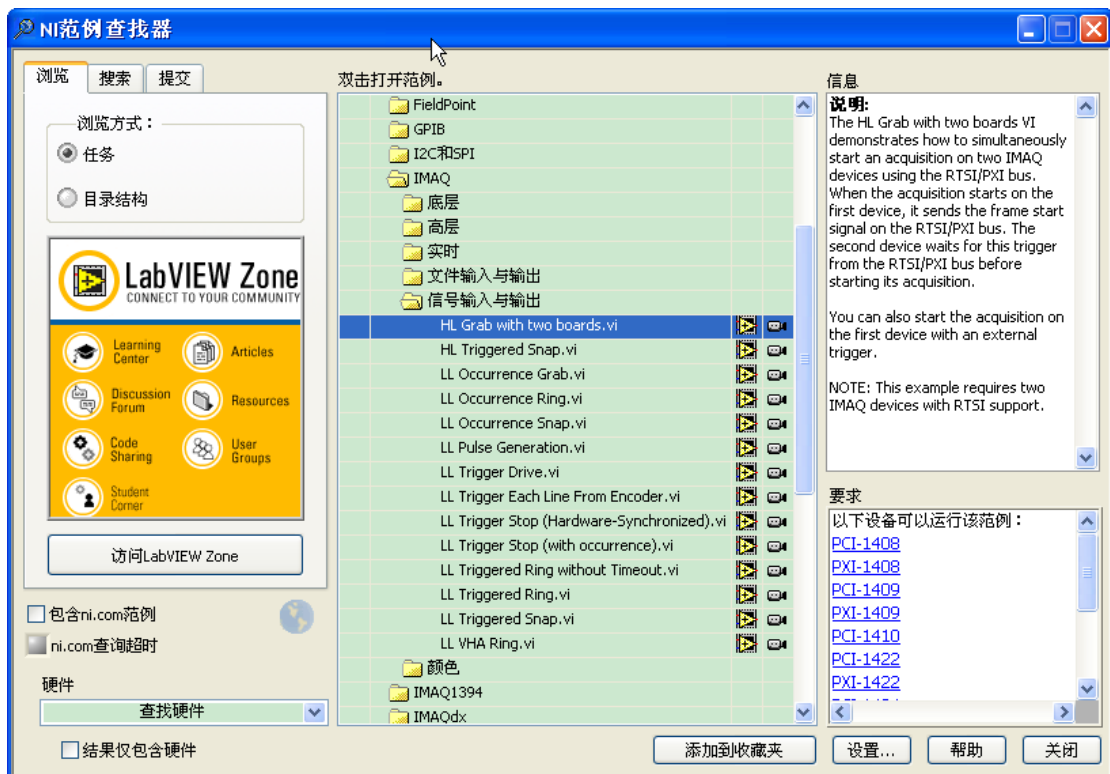


图 3.23 使用触发信号的范例程序

到这里，图象的采集过程就介绍完毕了，希望对大家的日常开发工作有所帮助☺，下面将介绍图象采集到计算机后如何保存以及如何从图象文件中读取数据。

3.5 图像保存与读取

在上面的章节中，已经完整的介绍了如何把图像采集到计算机中。当我们获得图像数据后，在后续处理中，最常做的操作就是图像的保存与读取。

LabVIEW 的 NI-Vision 模块里面提供了一组图像文件操作 VI，如图 3.24 所示。我们只需要调用一两个 VI，便可以方便的保存和读取图像了。

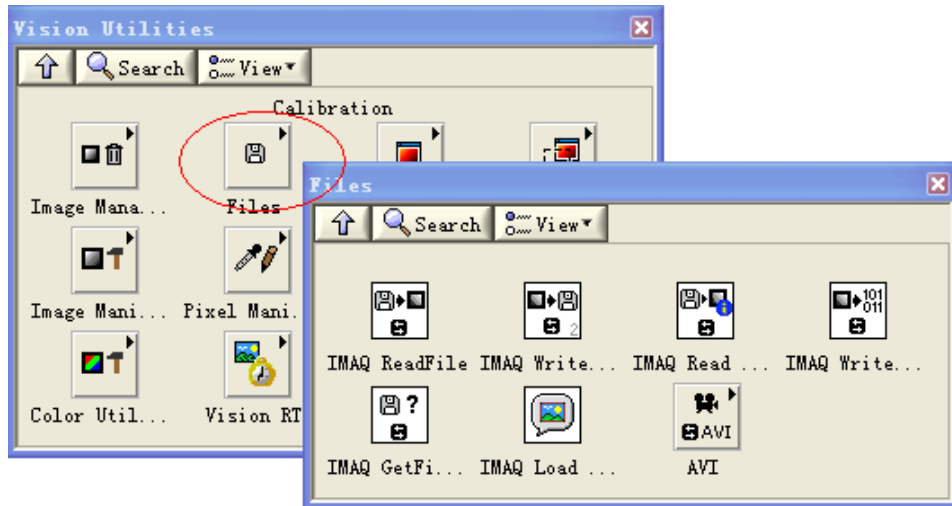


图 3.24 图像文件操作 VI

图像文件操作 VI 支持读写的图像文件格式有 BMP、JPEG、JPEG2000、PNG、PNG with Vision info 和 TIFF。

3.5.1 图像文件格式简介

BMP: Windows 位图文件。

Windows 位图可以用任何颜色深度（从黑白到 24 位颜色）存储单个光栅图像。Windows 位图文件格式与其他 Microsoft Windows 程序兼容。它不支持文件压缩，也不适用于 Web 页。从总体上看，Windows 位图文件格式的缺点超过了它的优点。为了保证照片图像的质量，请使用 PNG 文件、JPEG 文件或 TIFF 文件。BMP 文件适用于 Windows 中的墙纸。

优点: BMP 支持 1 位到 24 位颜色深度。BMP 格式与现有 Windows 程序（尤其是较旧的程序）广泛兼容。

缺点: BMP 不支持压缩，这会造成文件非常大。BMP 文件不受 Web 浏览器支持。

PNG: 可移植网络图形

PNG 图片以任何颜色深度存储单个光栅图像。PNG 是与平台无关的格式。

优点: PNG 支持高级别无损压缩；PNG 支持 alpha 通道透明度；PNG 支持伽玛校正；PNG 支持交错；PNG 受最新的 Web 浏览器支持。

缺点: 较旧的浏览器和程序可能不支持 PNG 文件。作为 Internet 文件格式，与 JPEG 的有损压缩相比，PNG 提供的压缩量较少。作为 Internet 文件格式，PNG 对多图像文件或动画文件不提供任何支持。GIF 格式支持多图像文件和动画文件。

JPEG: 联合图像专家组

JPEG 图片以 24 位颜色存储单个光栅图像。JPEG 是与平台无关的格式，支持最高级

别的压缩,不过,这种压缩是有损耗的。渐近式 JPEG 文件支持交错,可以提高或降低 JPEG 文件压缩的级别。但是,文件大小是以图像质量为代价的。压缩比率可以高达 100:1。(JPEG 格式可在 10:1 到 20:1 的比率下轻松地压缩文件,而图片质量不会下降。)JPEG 压缩可以很好地处理写实摄影作品。但是,对于颜色较少、对比级别强烈、实心边框或纯色区域大的较简单的作品,JPEG 压缩无法提供理想的结果。有时,压缩比率会低到 5:1,严重损失了图片完整性。这一损失产生的原因是,JPEG 压缩方案可以很好地压缩类似的色调,但是 JPEG 压缩方案不能很好地处理亮度的强烈差异或处理纯色区域。

优点: 摄影作品或写实作品支持高级压缩。利用可变的压缩比可以控制文件大小。支持交错(对于渐近式 JPEG 文件)。JPEG 广泛支持 Internet 标准。

缺点: 有损耗压缩会使原始图片数据质量下降。当您编辑和重新保存 JPEG 文件时,JPEG 会混合原始图片数据的质量下降。这种下降是累积性的。JPEG 不适用于所含颜色很少、具有大块颜色相近的区域或亮度差异十分明显的较简单的图片。

TIFF: 标记图像文件格式

标记图像文件格式(TIFF、TIF)用于在应用程序和计算机平台之间交换文件。与 BMP 文件格式一样,TIFF 不对图像进行压缩。在出版和印刷行业最常用的图像文件格式就是 TIFF。

优点: 图像品质高,适合印刷出版,高端相机都支持 TIFF 格式。

缺点: 文件占用空间大,一个 500 万像素的数码相机拍出来的 TIFF 文件大约有 10M。

3.5.2 保存图像

保存图像只需要调用 IMAQ Write File2.vi,然后告诉程序需要保存的图像在哪里(Image),保存到哪里(File Path)即可,如图 3.25 所示。

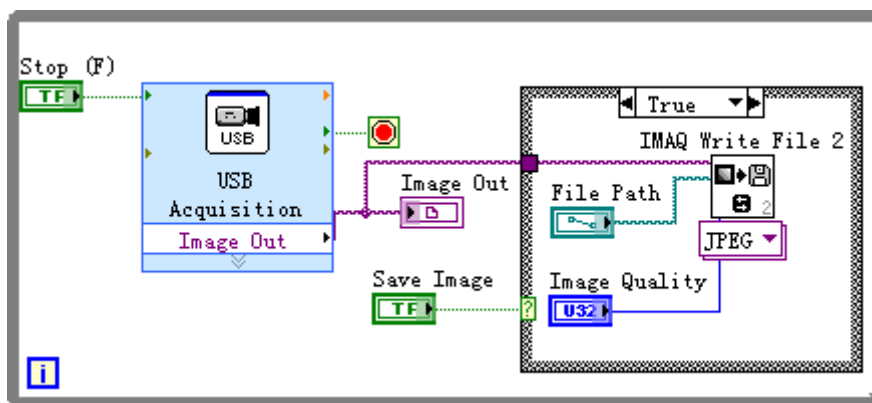


图 3.25 保存图像文件

由于我们已经非常熟悉图像采集部分了,所以在这个演示程序中,我们直接使用了 USB Acquisition Assistant 来帮助我们自动生成图像采集程序。(LabVIEW8.5 之前版本不支持,如果安装了 LabVIEW8.5,USB Acquisition Assistant 在 IMAQ USB 选板中,如图 3.26 所示。)

IMAQ Write File2.vi 实现了图像数据的保存。通过多态 VI 选择器,选择保存成何种图像文件,范例程序中是选择的 JPEG。由于 JPEG 是有损压缩,所以还需告诉程序图像质量(Image Quality)是多少。

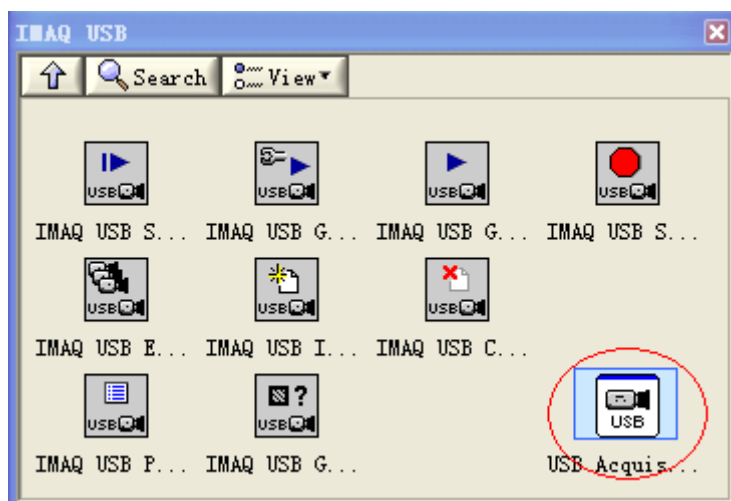


图 3.26 USB Acquisition Assistant

3.5.3 读取图像

读取图像也像保存图像一样容易，只需要调用 IMAQ ReadFile 即可实现，范例程序如图 3.27 所示。

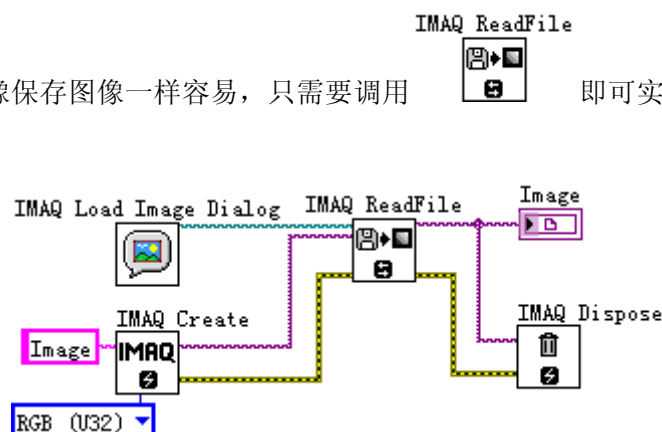


图 3.27 读取图像

IMAQ Load Image Dialog.vi 会弹出一个对话框，请用户选择图像文件路径。图像文件路径获得后传给 IMAQ ReadFile.vi，告诉 IMAQ ReadFile.vi 欲读取文件的位置。根据文件种类的不同，需要用 IMAQ Create.vi 创建一个与之匹配的图像缓冲区，这里读取的是上节保存的彩色图像文件，所以创建的图像缓冲区类型为 RGB(U32)。

本章小结

本章完整的介绍了图像采集的各种方法，为后续章节的图像处理奠定了基础。由于从图像处理角度看过来，从图像采集卡中获取图像与从文件中读取图像，其图像数据是没有差别的，所以后续的图像处理部分，如果没有对图像采集卡的特殊要求的话，本文都以文件的方式获取图像数据，这也是为什么本文把图像文件的操作放在第三章的原因。