

如何根据相机来选择相应的图像采集卡

Data Flow analysis (数据流分析)

评估一个基于 PC 的工业图像采集系统运行速度并不是简单的任务。此篇文章的目的是使大家能够正确选择出配合使用的相机和图像采集卡。

需要考虑的三个要素：(1) 相机 (2) 图像采集卡 (3) PC

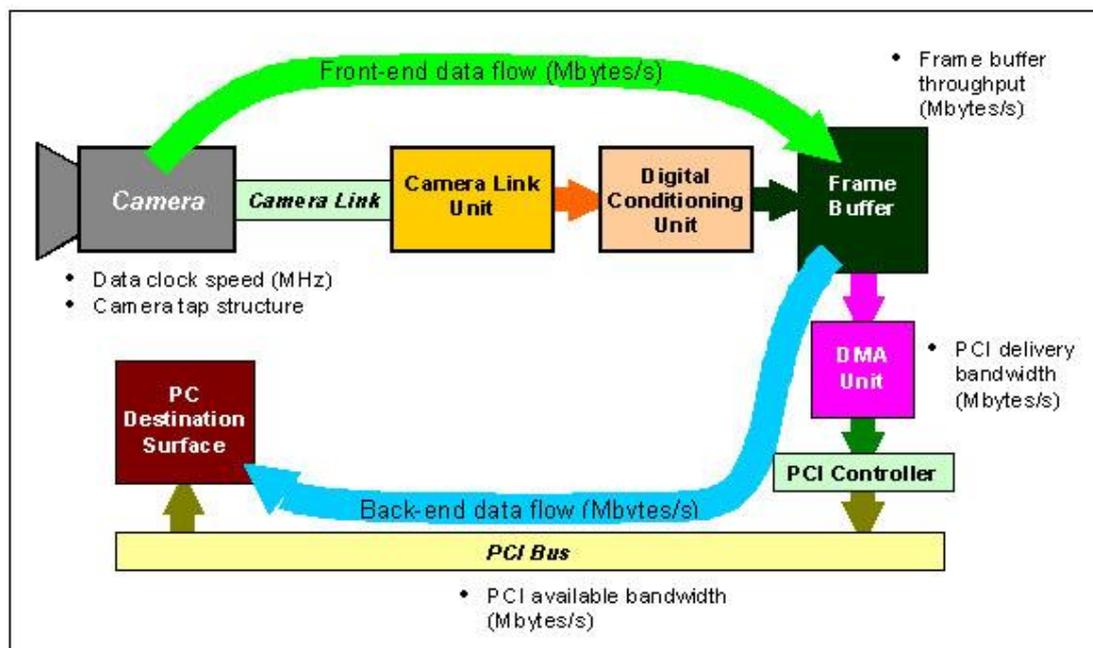


图 1 数据流模型图

图 1 所示，Front-end data flow（前端数据流）指的是相机传送数据到图像采集卡内部帧缓冲存储的视频数据的速率。

Back-end data flow(后端数据流)指的是从图像采集卡的内部缓冲区中提取数据，最终储存到 PC 的内存缓冲区。

数据流进入图像采集卡和从采集卡到 PC 的内存缓冲区的速率不应超过图像采集卡的吞吐量。后端数据流的吞吐量不应超过 PCI 总线的有效带宽。

一、关于 Front-end data flow（前端数据流）

(1) 前端数据的峰值数据流量

为了计算前端数据流的峰值数据流量，使用相机的像素时钟(Data Clock Speed)乘以 Tap(数据传输通道)来表示，Tap 结构如下表所示：

表 1-1 Tap Structure

Tap Structure	Multiplier	Bytes per pixel
<u>Single-B</u>	1	1
<u>Single-W</u>	2	2
<u>Dual-B</u>	2	1
<u>Triple-B</u>	3	3
<u>Dual-W</u>	4	2
<u>Quad-B2</u>	4	1
<u>Triple-W2</u>	6	6
<u>Quad-W2</u>	8	2

当相机的像素组成部分的编码超过 8bit (Single-W 型), 它们将被保存到一个 double byte 的帧缓冲区中, 相应相机的传送数据的有效数据流量增加一倍。

例如:

一个白摄像机 (Dual-W), Data Clock Speed 是 40 MHz 数据时钟。从表 1-1 可以看出 Tap structure 为 Dual-W 的时候, 其 Multiplier 为 4, 所以前端的峰值数据流量为 160MByte/S。

(2) Front-end average data flow (前端平均数据流量)

在传输有效的视频信号的过程中, 数据传输率可达到峰值数据传输速率。

一个视频信号不断的以峰值数据传输速率将视频数据传送出去。在隔行扫描中, 奇行的数据传送出去, 而偶行的数据要等下一次才传送出去, 所以在同一个周期内, 偶行中的数据不需要传送, 因此, 前端平均数据流量在一段相当长的时间内数据传输率比峰值数据流量低。

① 计算线扫描相机的前端平均数据流

图像传感器的尺寸为 H (H 为有效像素, 单位为 Pixel), B 为所需的字节数来存储一个像素 (单位为 Byte), F 为线阵相机的线率单位为 Hz, 则前端平均数据流为 $H \times B \times F$ 。

例如:

一个 2048 像素, Single-W 型的相机, 其 LineRate (线率) 为 15kHz, 即

$$H = 2048, B = 2 \text{ Byte/Pixel}, F = 15,000\text{Hz}$$

所以, 前端平均数据流 = $2048 \times 2 \times 15000 = 61,440,000\text{Byte/S} = 61.44\text{MByte/S}$ 。

② 计算面阵扫描相机的前端平均数据流

图像传感器的尺寸为 $H \times V$ (H 为水平有效像素, V 为垂直有效像素, 单位为 Pixel), B 为所需的字节数来存储一个像素 (单位为 Byte), FR 为面阵相机的帧率单位为 fps, 则前端平均数据流为 $H \times V \times B \times FR$ 。

例如:

一个 2048×1024 像素, Single-W 型的相机, 其帧率为 25fps, 即

$$H = 2048, V = 1024, B = 2 \text{ Byte/Pixel}, FR = 25\text{fps}$$

所以, 前端平均数据流 = $2048 \times 1024 \times 2 \times 25 = 104,857,600\text{Byte/S} = 105\text{MByte/S}$ 。

二、PCI Data flow(PCI 数据流)

(1) PCI available bandwidth(PCI 有效带宽)

PCI 的有效带宽取决于所用电脑的 PCI 总线，下表显示的是实际带宽，所有连接到总线上的设备的同步数据流量之和小于有效带宽。

表 1-2 PCI 的有效带宽

PCI available bandwidth	The host PCI bus is...		
	32 bits, 33 MHz	64 bits, 33 MHz 32 bits, 66 MHz	64 bits, 66 MHz
	90 Mbytes/s	180 Mbytes/s	360 Mbytes/s

(2) PCI delivery bandwidth (PCI 传输带宽)

表 1-3 PCI 传输带宽

PCI delivery bandwidth	The host PCI bus is...		
	32 bits, 33 MHz	64 bits, 33 MHz 32 bits, 66 MHz	64 bits, 66 MHz
Grablink Value	90 Mbytes/s	90 Mbytes/s	90 Mbytes/s
Grablink Avenue	90 Mbytes/s	180 Mbytes/s	240 Mbytes/s
Grablink Expert 2	90 Mbytes/s	180 Mbytes/s	240 Mbytes/s
Grablink Value cPCI	90 Mbytes/s	180 Mbytes/s	180 Mbytes/s
Grablink Expert 2 cPCI	90 Mbytes/s	180 Mbytes/s	240 Mbytes/s

三、Back-end data flow(后端数据流)

要实现平衡只需后端数据流率等于前端平均数据流量。这就保证了图像采集卡上的 FIFO 不会溢出。

若是板卡上有几个通道来接相机，需要考虑当所有通道都接相机的时候，能够保证后端数据流的总和要小于 PCI 的有效带宽。

四、Frame buffer throughput (图像采集卡上的帧缓存区的吞吐量)

数据流进入图像采集卡和从采集卡到 PC 的内存缓冲区的速率不应超过图像采集卡的吞吐量。后端数据流的吞吐量不应超过 PCI 总线的有效带宽。

帧缓冲区的实际吞吐量为理论吞吐量的 85%。

表 1-4 帧缓冲区的实际和理论吞吐量

	Memory bus structure	Theoretical throughput	Practical throughput
Grablink Value	32 bits, 80 MHz	320 Mbytes/s	270 Mbytes/s
Grablink Avenue	DDR 32 bits, 100 MHz	800 Mbytes/s	680 Mbytes/s
Grablink Expert 2	64 bits, 100 MHz	800 Mbytes/s	680 Mbytes/s
Grablink Value cPCI	32 bits, 80 MHz	320 Mbytes/s	270 Mbytes/s
Grablink Expert 2 cPCI	64 bits, 100 MHz	800 Mbytes/s	680 Mbytes/s

Frame buffer performance

Grablink Value incorporates an 8 Mbytes frame buffer implemented by a 2 M x 32 SDRAM (Synchronous DRAM) clocked at 80 MHz. This provides a theoretical memory throughput of 320 Mbytes/s.

例如：

一块 Grablink Expert2 的板卡接两款高端的 CameraLink 相机，并且同时对两颗相机进行操作。

这个应用需要相机 A 的前端平均数据流速率为 62 Mbytes/s,相机 B 的前端平均数据流速率为 105 Mbytes/s。此应用需要获取和存储到 PC 内存中时不会出现延迟现象，因此需要每个通道的后端数据流等于平均前端数据流。

将所有流量统计如表 1-4 所示：

表 1-5 前端平均数据流速率和后端数据流速率

	Average front-end data flow	Back-end data flow
Camera A	62 Mbytes/s	62 Mbytes/s
Camera B	105 Mbytes/s	105 Mbytes/s
Cumulated	167 Mbytes/s	167 Mbytes/s
		334 Mbytes/s

通过表 1-5 可知，在做采集图像的同时将采集到的图像保存到 PC 内存中，总共的数据量为 334MByte/S,而 Grablink Expert2 的帧缓存区实际吞吐量为 680MByte/S,同时要保证后端数据流速度要比 PCI 有效带宽小，这样将图像存储到内存中才不会丢失。从表 1-4 我们可以知道后端数据流为 167MByte/S，如果主机的 PCI 总线拥有 64bits 33Mhz 或 32bits 64Mhz（这种情况下 PCI 的传输带宽为 180MByte 见表 1-3 所示），累计的后端数据流为 167MByte/s，有足够的传送带宽来将图像存储到内存中。所以此卡，可满足上述的应用。

总结：

在根据相机来选择相应板卡的时候，需要注意以下几项：

- 1、 The data clock Frequency for Camera 不能超过 66MHz
- 2、 前端数据的峰值数据流量不能大于板卡的帧缓存的实际吞吐量
- 3、 前端平均数据流和后端数据流的速率之和不能超过图像采集卡帧缓存区的实际吞吐量。
- 4、 后端数据流速率和不能大于 PCI 传输带宽。
- 5、 计算机上所有板卡的后端数据流速率和不能大于 PCI 的有效带宽。