

Blackfin在线培训课程

课程单元：Blackfin®处理器与音视频外设之间的连接

主讲人：David Katz

第1章：简介

第2章：连接至音频转换器

第3章：连接至视频转换器

第4章：数字视频系统概要

第5章：Blackfin处理器上的视频接口——PPI

第6章：连接至视频源

第7章：连接至显示设备

第1章：简介

大家好，我是模拟器件公司（ADI）的Blackfin®处理器应用工程师，我的名字叫David Katz。今天我们将讨论如何将音视频设备连接至Blackfin处理器。这个课程单元旨在让大家了解，将Blackfin处理器连接至音视频设备所必须遵循的基本原则。参加本课程的用户不需要掌握太多的背景知识，不过，具备音视频设备方面的基础知识将有助于加深理解。在课程中，我将适当地介绍相关背景知识。

在今天的课程中，我们首先要概要介绍Blackfin处理器的音视频连接，然后，详细讨论音频转换器，特别是如何将Blackfin处理器连接至这些音频转换器，有哪些相关外设，并举例说明。我将通过框图演示，介绍一些连接技巧和窍门。最后，我将介绍一些适用于音频系统开发的辅助工具。

然后，我们将讨论视频外设。和音频外设一样，也是首先介绍关于数字视频的背景知识，然后，再详细介绍视频系统的连接。

这张幻灯片演示的是一个基本的音视频（AV）系统连接框图。显然，这只是一个简单的例子，不过它概括出了Blackfin处理器眼中的音视频系统结构。在图的中央，是Blackfin处理器；取决于连接至Blackfin处理器的终端设备，二者之间还会连接一些不同的设备。例如，麦克风输出的模拟信号将经音频转换器，即模数转换器的处理，变成数字音频流，输入Blackfin处理器。同样地，Blackfin处理器输出的数字音频流也要经音频数模转换器的处理，再传输至扬声器。在图的右侧，显示的是视频设备。视频模数转换器将接收诸如摄像机等模拟信号源输出的模拟视频流，将之转换成数字信号，并输入Blackfin处理器。这个模拟视频转换器就是我们所说的解码器，即，视频解码器。显示过程也与之类似，一个视频数模转换器，也就是视

频编码器，将接收Blackfin处理器输出的数字视频流，并将之转换成模拟信号，以便在诸如CRT显示器等显示设备上显示。

那么，为什么Blackfin处理器非常适于音视频应用？要讨论这个问题，我们首先要介绍一些背景知识。第一，Blackfin处理器具备多媒体处理能力。这就意味着，Blackfin处理器可以实现很高的时钟频率，最高可达600 Mhz甚或更高；可以执行实时处理，以高分辨率格式进行视频压缩，并且支持多种音视频格式。第二，Blackfin处理器拥有一个灵活的指令集，可以在每个时钟周期高效执行非常复杂的运算。第三，Blackfin处理器拥有强大的连接能力和数据处理能力。其直接内存存取（DMA）控制器完全独立于处理内核，也就是说，当DMA飞速传输数据时，处理内核全然不知。在外设连接方面，外设混合连接至关重要。Blackfin处理器需要、也拥有丰富的外设组合。

最后一点，灵活伸缩性是关键。Blackfin处理器不仅可以灵活地支持各种不同的应用，而且可以对同一个应用提供灵活伸缩的支持。动态电源管理就是Blackfin处理器的支柱之一。它允许应用根据需要，灵活地调节工作电压和频率。例如，如果一个应用在某一时刻对性能的要求降低，则可以相应地调低其工作电压和/或频率。

总的来讲，Blackfin处理器系列范围广泛，从低端的300 MHz单核处理器，到核心频率高达600 MHz的双核处理器。因此，Blackfin处理器为用户提供了广阔的性能扩展空间，不仅可以在现有系统上实现增强特性，而且可以针对应用的需要，适当调节处理器的性能。

第2章：连接至音频转换器

下面，我们介绍如何将Blackfin处理器连接至音频转换器。Blackfin处理器提供了两种面向音频系统的串行接口，一种是用于控制和配置音频设备的低比特率接口，另一种是用于执行数据传输的高比特率接口。常见的控制和配置外设接口又有两种：双线接口（TWI接口）和串行外设接口（SPI接口）。稍后，我们将详细讨论这些接口，不过总的来讲，这些外设接口的前向通道主要用于配置或控制音频转换器，而反向通道则主要负责传输转换器发出的反馈信息或状态信息。

我们将Blackfin处理器提供的同步串行端口称为SPORT端口。该端口负责传输音频数据，可以实现很高的比特率，并且支持全双工运行，能够同时发射和接收数据。稍后我们将详细解释这一点。这里，我要指出的是，对于编解码器，即负责对音频执行模数转换和数模转换的外设，诸如常见的PC AC97编解码器，SPORT端口也可以作为其控制通道。

下面，我们介绍SPI接口。Blackfin处理器的外设接口均可兼容摩托罗拉SPI标准。这是一个全双工串行接口，运行速率最高可达33 Mb/秒，高于大多数转换器对任何类型控制通道的要求。Blackfin处理器的SPI接口可以支持主从模式和多主模式。实际上，它只是一个简单的3针数据通信接口，包括MOSI（主出从入）接口，负责

将主器件传出的信号输入从器件；MISO（主入从出），负责将从器件传出的信号输入主器件；以及串行时钟接口（SCLK）。在主从模式下，当Blackfin处理器作为其他SPI器件的从器件时，SPI芯片将负责选择需要使用的输入信号。也就是说，通过这个线路，SPI器件可以选择Blackfin处理器。另一方面，当Blackfin处理器作为主器件时，它将利用众多SPISSEL从器件选择线路中的一条，选择任何其他器件。一般而言，一个处理器拥有大约6条或7条此类从器件选择线路。

现在，我们再来看看TWI双线控制接口，该接口可以兼容飞利浦公司推出的I²C接口。TWI接口可以在多个器件之间快捷地传输控制信号和数据。Blackfin处理器既可作为主器件，又可充当从器件，可支持的传输速率最高可达400 Kb/秒。TWI接口包含两条线路：SCL和SDA，即时钟线路和数据线路。在特定时刻，Blackfin处理器的运行模式取决于数据流之间的相差。

我前面已经说过，SPORT端口是Blackfin处理器上的高速同步串行端口。它具备完全独立的发射和接收通道，如图右侧所示。在SPORT端口的两侧，即发射端和接收端，各自包含4个管脚。分别用于传输主数据、从数据、时钟信号和帧同步信号。也就是说，SPORT端口提供了4条发射线路，4条接收线路。

实际上，从数据线路和主数据线路是基于相同的帧同步信号和时钟信号实现同步的，因此，SPORT端口在接收和发射方向上的数据率基本上可以提高一倍。也就是说，如果主数据通道的传输速率最高可达66 Mb/秒，那么，在启用从数据线路的情况下，总数据率将翻倍至133 Mb/秒。SPORT端口可以支持极其广泛的字长范围，从3位到32位，因而能够支持大多数高精度音频应用。此外，SPORT端口具备可编程内部及外部时钟和帧同步特性。面向语音应用，SPORT端口还具备基于 μ -law和A-law标准的内置压缩扩展特性，并且支持多通道接口和TDM（时分复用）网络接口等。除此之外，SPORT端口还支持LS信令。LS是飞利浦公司研发的立体声音频传输行业标准。LS一般包含三条线路，分别是串行时钟线路、帧同步线路（在本例中，是字选择线路，即选择左侧通道还是右侧通道）和数据线路。因此，SPORT端口总是以最高有效位格式传输数据。此外，每个SPORT端口能够分别发射和接收4路音频信号。因为每个主通道都有一个从通道，并且帧同步通道分为左右两个，因此，SPORT端口在发射和接收两个方向上，各有4个通道。这样一来，用户只要为系统配置一两个或更多个SPORT端口，就能接收到相当高密度的立体声音频信号。

好了，这个框图是举例说明如何连接音频转换器。在本例中，我们是采用AD1871，进行模数转换。麦克风输出一路模拟信号，然后，通过一个非常简单的接口，将其转换成数字信号。如图所示，Blackfin处理器是主器件，通过SPI接口提供的控制通道，选择了1871 SPI外设。数据端口则由Blackfin处理器在接收方向上的4个SPORT管脚中的3个构成。Blackfin处理器将通过这个数据端口，接收经模数转换器数字化处理的音频信号。

类似地，可以将Blackfin处理器连接至音频数模转换器（DAC）。在本例中，连接至Blackfin处理器的是1854转换器。还是通过SPI接口，Blackfin处理器完成配置和控制转换器，不过这一次的数据是在另一个方向上传输。通过SPORT端口，将音频信号发送至1854数模转换器，由其将之转换成模拟信号，然后再传输至扬声器或其他介质。

在结束关于音频应用的讨论之前，我要向大家介绍几个关于连接音频转换器的技巧和窍门。第一，必须牢记，在双线接口上，按照LC技术规范的要求，为SCL和SDA上安装上拉电阻，因为这些管脚不可驱动高电平。第二，关于SPI接口连接，看起来显而易见，但却常常被疏忽的一点是，一定要将所有的MISO管脚连接至MISO管脚。主出从入接口也一样，MOSI必须连接至MOSI。换句话说，将系统中的所有MOSI管脚连接起来，再将所有MISO管脚连接起来。当然，由于这两种信号的名称非常近似，所以切勿混淆这两个信号名称，因为它们的作用其实恰恰相反。

关于SPORT接口，只有一两个要点。一是，如果SPORT接口是以多通道模式运行，并且负责控制时钟和帧同步，那么，切勿将发射帧同步与接收帧同步相连接。因为在这种模式下，发射帧同步实际上是在对当前发射数据进行成帧，其作用就像是发射数据的有效管脚。这是一个很常见的错误，也是在连接SPORT接口时需要防范的主要问题之一。此外，要对时钟信号和帧同步信号进行适当的端接。当然，这取决于SPORT接口的运行速率和电路板布局等条件。

下面介绍一些适用于音频系统开发的辅助工具，在本课程结束时，我将给出这些工具的相关链接。首先，在软件方面，Visual DSP++工具套件为许多外设提供了驱动程序，包括双线接口、SPI、SPORT等等，用户可以通过标准API，配置和控制这些接口。此外，VisualDSP套件还提供了一套完善的音频设备驱动程序，其中包括面向音频转换器的标准API。Blackfin处理器可以支持的设备众多，而且还在不断增加，这里仅列出了其中的一部分。

另外，还有Blackfin EZ-KIT评估板和用于EZ-KIT评估板的EZ-Extender扩展卡。这些平台附带了许多代码范例，介绍了如何设置这些外设及转换器的设备驱动程序，并且演示了堪称典范的数据流，提供了一个有用的框架，帮助用户配置高效率的系统。

在硬件方面，有刚才提到的EZ-KIT评估板和EZ-Extender扩展卡，以及板载音频转换器和相应的驱动程序，帮助用户快速开发系统原型。这些硬件板卡还附带了参考示意图和相关的设计材料清单。这样，用户就能在进行系统开发时轻松上手。

最后，还有Visual Audio®算法开发工具，非常有助于简化音频系统设计流程。

第3章：连接至视频转换器

下面，我们要介绍视频系统。视频系统的情况与音频系统很相似，当然，在有些方面，视频系统更加复杂，我们会详细讨论。首先，我将演示一个音视频系统中的视频信号流。然后，简要介绍一些关于数字视频系统的基础知识。这只是为接下来的课程铺垫，所以点到为止。接着，我们要讨论并行外设接口（PPI）。Blackfin处理器上的PPI接口是一个高速转换器端口，也是视频端口。最后，我们将介绍如何连接视频源和显示器，并以视频系统图为例进行说明。

这张图演示了对Blackfin处理器而言，视频应用是什么样子。图的右侧是正在执行某项任务的Blackfin处理器，也许是在进行数据压缩或格式化或者图像增强处理，或者诸如此类的运算。但它真正关心的是，从视频源获得正确的输入信号，并向显示器发送正确的输出信号。一般而言，视频源分为两类：模拟视频源和数字视频源。诸如数字CMOS摄像头等数字视频源可以直接连接至Blackfin处理器，因为该摄像头输出的数字信号可以直接传输至Blackfin处理器上的PPI接口。模拟摄像机视频源输出的视频流则需要经视频解码器，也就是一个模数转换器，转换成数字信号，再输入Blackfin处理器。像CCD摄像头这样的视频源输出的信号也要经过一个被称为AFE的模数转换器，或模拟前端的转换，再输入Blackfin处理器。

在最下面，是视频显示设备。Blackfin处理器可以直接将数字视频流输出至诸如TFT-LCD显示器等支持数字信号的显示设备。而对于像CRT显示器或普通电视机或其他模拟显示设备，则需要经由一个硬件编码器，即视频编码器，将数字信号转换成模拟信号。

第4章：数字视频系统概要

好了，下面，我将简要介绍一些关于数字视频系统的基础知识。在ITU关于数字电视的BT.601建议中，从电视广播的角度阐明了如何对数字电视信号进行编码。该标准支持两种色彩空间，最简单明了的是RGB红绿蓝色彩空间。这种色彩空间非常直观，但是色彩通道之间的关系非常复杂，因此，并不适于进行视频压缩。每个像素都有三个色彩值，红、绿、蓝，视频格式中的数值暗示了这三个值。例如，RGB888格式就表示红色分量、绿色分量和蓝色分量各占8位。RGB666格式则表示每个像素中的这三个色彩分量各占6位，而565格式则表示，红色分量和蓝色分量各占5位，而绿色分量占6位。在介绍LCD显示器时，我们将详细讨论这一点。

目前，最常用的、也是BT.601建议中首选的色彩空间是YCbCr色彩空间。其中，Y表示亮度分量，Cr或Cb表示色度分量。这些值是根据RGB值计算出的，相互独立，也就是说，比RGB信号更适于进行压缩。这也正是众多制造商纷纷选择采用这种色彩空间，BT.601建议也推选它的主要原因之一。

BT.601建议中明确规定，4:2:2 YCbCr是适用于电视广播应用的色彩空间。这就意味着，要对色度值进行二次取样，每个像素一个亮度值，一个色度值（Cr或Cb）。BT.601建议支持对色彩空间分量值进行8位或10位量化。BT.601建议的最终结果是将NTSC和PAL制式标准化为每行包含相同数量的有效像素，即720个有效像

素。由于PAL信号的刷新率为50场/秒，而NTSC信号的刷新率则为60场/秒，所以通过在PAL信号中添加扫描行，实现了帧刷新率的标准化。

与数字视频应用相关的基本定时信号是Hsync，即水平同步信号。该信号标定了一个视频帧的每一个扫描行（从左至右）的有效视频信号起点。Vsync是垂直同步信号，从上到下标定了一个新的视频帧的起点。场是交织视频独有的信号，表示当前显示的场是视频帧的奇场还是偶场。在逐行扫描系统中，并不使用场信号，不需要。最后，是用于所有像素分量的数据时钟信号。

现在，大家已经初步了解了BT.601建议，下面，我们将讨论数字视频实现的第二层——ITU发布的BT.656建议。基本上，这个建议是对BT.601建议的补充，定义了实现BT.601建议所必须的物理接口和数据流。该建议定义了位并行和位串行两种模式，今天我们仅介绍位并行模式。对于NTSC和PAL制式信号，该建议规定，额定时钟频率为27 MHz，取决于广播系统的分辨率，数据行为8或10。656建议的最大优点是，数据流中包含了我们刚刚讨论的所有同步信号。因此，应用只需要实现数据流和时钟信号。656建议对信号的规定非常直白，H代表水平同步信号，V代表垂直同步信号，F代表场信号。稍后，我们将详细讨论这一点。

656建议既可支持交织视频，又可支持逐行扫描视频。

这里显示的就是符合656建议规定的NTSC制式和PAL制式的视频帧。从图中可以看出，H位标定了水平消隐区域。当H值为1时，表示EAV，即有效视频信号结束。当H值为0时，表示SAV，即有效视频信号开始。同样地，当V值从1变为0时，则表明信号从消隐区域，变为有效视频区域。对于场信号，也同样是以F值的1、0变化，表明场1和场2的转换。我先前提过，数据流中除了视频数据，还包含控制代码。在本例中，这个8位视频分量的数据流快照中，最前面的几个字节是“FF 00 00”。这是与控制代码相关的前同步码，用于通知终端设备，即将收到控制代码。紧接着，就是“AB”控制代码，负责告知终端设备，H值、V值或F值是否变化，此外，还有一些用于纠错的校验和位。之后，如果是扫描行的起点，则会有一长串按“80 10 80 10”顺序标定的水平消隐区域。接下来，又是另一个前同步码，告知系统H值为0，即将收到SAV，即有效视频信号开始。然后，将收到整个视频扫描行——720个有效像素，等于1440字节。最后是EAV，即有效视频信号结束，开始接收下一个扫描行。

第5章：Blackfin处理器上的视频接口——PPI

前面我已经介绍过，Blackfin处理器上的PPI接口是负责处理视频信号的视频端口。PPI的意思是并行外设接口。PPI不仅是一个视频接口，而且还可支持高速并行转换器。总的来讲，PPI是一个高速并行端口。不过，它还具备一些面向视频信号的特色特性。这是一个相当简单的接口，包含16个数据线路，即这张图中的PPI15至0。最多可以传输3个帧同步信号：PPI_FS1、_FS2和_FS3，然后是时钟信号：PPI_CLK。这个时钟信号始终是从外部设备，通过PPI接口输入Blackfin处理器。而

帧同步信号和视频数据，则取决于当前的运行模式，既可以是输入，又可以是输出。这里，需要指出的是，在656运行模式下，不需要使用这些帧同步线路，因为数据流中包含了所有的同步信号。接下来的几张幻灯片将阐明这一点。

PPI是一个双向的半双工接口，在特定时刻，既可执行视频输入，又可执行视频输出。PPI接口支持ITU 656建议中规定的位并行模式。时钟信号和帧同步信号具备一定的信号极性可编程性。PPI接口拥有大量节省带宽的特性，例如，用户可以选择仅接收656输入视频帧中的一部分信号。用户可以选择仅接收有效视频信号，而忽略消隐区域。忽略消隐区域的意思是，PPI接口不将消隐信号传输至DMA控制器，这样一来，就节省了DMA带宽，也减轻了Blackfin处理器中的数据运输任务。如果用户只需要查看消隐信号，也可以利用这个特性。例如，在某些类型的交织电视应用或封闭式字幕应用中，用户需要查看视频帧的消隐信号间隔。当然，也可以接收完整的视频帧，包括消隐信号和有效视频信号。

用户还可以选择忽略一个交织视频流中的场2信号。在一些对数据或视频质量要求不高，但需要进行高质量视频压缩的应用中，就可以利用这个特性，仅处理每个视频帧中的场1信号。用户也可以选择仅处理奇或偶数据元，仅读取4:2:2输入视频流中的亮度或色度信号。整个PPI外设与Blackfin处理器的2D DMA控制器携手合作，允许用户指定任意内存区域，并确保仅将其中的数据发送至PPI接口。用户甚至可以指定将一幅图像的任意矩形区域，发送至PPI接口。

第6章：连接至视频源

好了，接下来，我们讨论如何连接至视频源。总的来讲，视频源连接和前面介绍过的音频系统连接差不多。在这个框图中，CMOS摄像头的L2C总线与Blackfin处理器的双线接口之间，形成了控制通道。该控制通道主要用于配置视频源；在本例中，视频源提供的数据流将输入Blackfin处理器上的8位PPI接口。取决于所用摄像头的分辨率，用户完全可以实现10位、12位甚至16位连接。不过在本例中，是一个8位连接。

在本例的这种情况下，一般是由摄像头提供像素时钟信号和执行某种类型的成帧处理。水平同步信号将标定有效扫描行区域，而垂直同步信号则是一个“帧有效”类信号。当然，对于支持BT.656标准的摄像设备，则不需要这些同步信号。

既然我们现在讨论的是CMOS摄像头，那么，应当指出的是，Blackfin EZExtender扩展卡和EZ-KIT评估板可以支持众多领先制造商提供的范围广泛的CMOS摄像头，包括：Micron、Omnivision和柯达公司等等。这里显示的是Micron公司提供的CMOS摄像“头板”，它具备一个通用接口，可以全面支持各种型号的摄像头。就CMOS摄像头的连接性而言，这是一个巨大的进步。

现在，我们来讨论模拟视频源。如果要将模拟便携式摄像机提供的视频信号输入Blackfin处理器，首先要利用诸如ADV7183B等视频解码器，将模拟视频信号转换

为数字信号。同样也是Blackfin处理器通过L2C总线与TWI接口之间的控制通道，进行配置；7183解码器直接向PPI接口输入8位数字视频流。在本例中，视频解码器向Blackfin处理器提供同步信号，向其PPI接口输入线路锁定时钟信号。

第7章：连接至显示设备

好了，关于视频源连接的介绍就到这里。显示设备连接的情况与利用音频DAC的情况非常相似。如果我们要将保存在内存中的视频帧传输至一台模拟显示设备，那么，首先要借助诸如ADV7174或7179等视频编码器，进行处理。利用L2C接口，完成配置；通过PPI数据总线，输出视频信号；如有需要，还可通过PPI帧同步线路，输出帧同步信号。本例所用的编码器无需帧同步信号。许多符合656建议标准的视频编码器都不需要帧同步信号。在本例中，由外部定时器向编码器和Blackfin处理器提供时钟信号，而在视频源连接中，则由视频解码器直接向PPI接口输入线路锁定时钟信号。下面，我们要来看看有别于前面介绍的模拟显示设备的TFT（薄膜晶体管）LCD平板显示器。不过，二者也有相似之处。在这个示意图的中间，我们又看到了在连接视频源设备时出现过的水平同步信号、垂直同步信号和数据取样时钟信号等；当然，在本例中，是由外部定时器向PPI接口和LCD提供时钟信号。这是信号层，这是同步层。在最下面，是数据总线；在连接至TFT-LCD平板显示器时，一般都会利用整个16位数据总线，因为大多数TFT-LCD平板显示器都可支持18位甚至更高数据率。稍后我将详细解释这一点，总之，在本质上是通过16位PPI接口向18位平板显示器输出视频信号。

最上面的这个PWM定时器是一个选件。许多时候，出于材料成本或占用空间的考虑，制造商不会为TFT-LCD平板显示器配备定时控制器。也就是说，用户在购买TFT显示器时还要单独购买定时ASIC，从而增加了系统成本。如果TFT显示器不具备定时控制器，那么，在多数情况下，Blackfin处理器将通过外接定时器提供定时信号。其顺序如这里所示：开始取样信号、标定扫描方向的信号以及可能是用于门驱动器的时钟信号。

好了，接下来介绍一些关于连接视频源和显示设备的技巧和窍门。首先，从我们前面的讨论中，大家大概已经感觉到了，我非常热衷于BT.656标准。我认为，应当尽可能采用这种标准，因为它可以大幅减少在视频应用中屡见不鲜的定时不一致问题。所以，如果可以选择，一定要毫不迟疑地采用656标准。此外，还需要注意的是，所用模数或数模转换器的默认设置。有时候，转换器的默认运行模式未必符合用户的要求，虽然大多数时候用户都可以直接使用这些转换器，无需通过L2C或SPI接口进行设置，但是，也有很多时候，用户需要通过L2C接口的反向通道验证转换器的配置是否满足应用的需要。

另外，不论执行任何操作，必须确保尽可能不要影响时钟脉冲源。取决于应用性能，应用的各种时钟频率相当高，从几个MHz到数十个MHz。一个完全独立的时钟信号有助于提高应用的系统性能和稳定性。

最后，我在上一张幻灯片中也曾提过，在将Blackfin处理器连接至一台666 LCD平板显示器时，由于这种显示器可以支持18位视频信号，其中红色、绿色和蓝色分量各占6位，所以，Blackfin处理器会将其视作RGB565显示器。但是，切勿将红色和蓝色通道中的最低有效位弃之不顾。这种做法很常见，虽然不是什么错误，但是，这种通用做法会影响视频信号的动态范围。相反的是，用户可以在平板显示器上，分别将红色和蓝色分量的最低有效位与最高有效位结合起来，这样就可以确保三个色彩分量都能提供从最低到最高的完善的动态范围。而绿色通道则连接至6位接口，用于传输6位绿色分量信号，因为绿色是这三种色彩分量中对视觉影响最大的颜色。

这里，我也列出了一些适用于视频系统开发的辅助工具。在软件方面，Visual DSP++工具套件依然提供了许多外设驱动程序，适用于PPI接口、TWI接口、定时器以及连接视频系统所需要的所有设备。另外，还有一套完善的视频设备驱动程序，不仅有面向模数和数模转换器的驱动程序，还有面向CMOS摄像头和LCD显示器的驱动程序。随着视频设备日益丰富，我们也将不断推出相应的驱动程序，帮助用户快速开发视频系统原型。

此外，EZ-KIT评估板、扩展卡以及代码范例有着不可估量的重要价值，尤其是对于视频应用，应用框架可谓举足轻重，数据传输和存储存取效率对整个系统性能有着至关重要的影响。在硬件方面，我们提供了EZ-KIT评估板和EZ-Extender扩展卡，以及板载CMOS摄像头和LCD接口，当然，还有参考示意图和相关的设计材料清单。这里演示了一个视频系统范例。应用接收到一路模拟的DVD视频信号，将之解码为数字信号，并通过图中右上方所示视频编码器，输出至显示设备。然而，这个应用真正的独特之处是，它可以将数字视频流输出至Blackfin处理器，由其进行编码和压缩，再通过USB端口输出，并以文件形式保存到计算机硬盘中。大家如果对这个系统感到有兴趣，可以继续学习我们提供的另一个在线培训课程单元。

总而言之，Blackfin处理器架构非常适于多媒体系统设计。Blackfin处理器及其功能丰富的外设为音视频设备提供众多连接选项。为了帮助用户快速完成系统设计，我们还提供了许多辅助工具。前面我已经多次提到这些非常有用的工具，这里，我列出了一些相关链接，包括VisualDSP工具套件、EZ-KIT评估板和EZ-Extender扩展卡以及应用注释，其中提供了关于连接摄像设备和显示设备的更多信息，系统设计中电路板布局的最佳做法以及一些技巧和窍门。当然，还有其他BOLD培训课程单元，以及我先前说过的音视频算法开发工具。嵌入式媒体处理手册，其中介绍了系统流程、系统资源分配以及如何连接嵌入式多媒体应用框架等，从整个系统的角度介绍了如何将组件连接至Blackfin处理器。如有任何疑问，请单击下面的“ask a question（我有疑问）”按钮，或者发送电子邮件至processor.support@analog.com。

好了，关于如何将Blackfin处理器连接至音频设备和视频设备的课程就到此结束了，希望能对大家有所助益。只要利用上面介绍的辅助工具，用户就能快速设计一个性能杰出的基于Blackfin处理器的音视频系统。谢谢观看！

录制结束。