

### Circuits from the Lab™ Reference Circuits

Circuits from the Lab™ reference circuits are engineered and tested for quick and easy system integration to help solve today's analog, mixed-signal, and RF design challenges. For more information and/or support, visit [www.analog.com/CN282](http://www.analog.com/CN282).

#### 连接/参考器件

ADV7611	低功耗、165 MHz HDMI接收器
ADV7125	三通道、8位、高速视频DAC
SSM2604	低功耗音频编解码器
ADuC7020	模拟微控制器
ADP2301	降压开关调节器

## USB供电的DVI/HDMI至VGA转换器(HDMI2VGA)，具有音频提取功能

### 评估和设计支持

#### 设计和集成文件

[原理图](#)、[布局文件](#)、[物料清单](#)

### 电路功能与优势

图1所示电路是一个完整的HDMI/DVI至VGA (HDMI2VGA)转换解决方案，带有模拟音频输出。它使用

ADV7611低功耗、高清多媒体接口(HDMI)接收器，可接收高达165 MHz的视频流。该电路以USB电缆供电，最高工作分辨率为1600 × 1200 (60 Hz)。

电路使用扩展显示识别数据(EDID)内容，确保来自HDMI/DVI的视频流可达到HDMI源、转换器和视频图像适配器(VGA)显示所支持的最高分辨率。

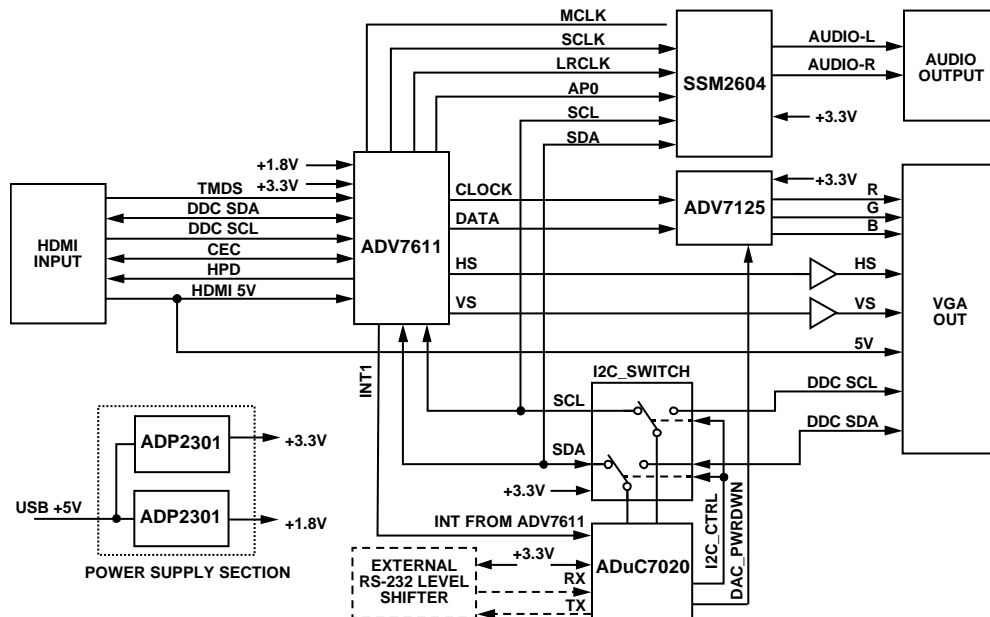


图1. HDMI至VGA (HDMI2VGA)转换器功能框图(原理示意图：未显示所有连接)

#### Rev. 0

Circuits from the Lab™ circuits from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.461.3113 ©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

HDMI接收器还可用来调节视频，如亮度或对比度；音频编解码器可用来设置音频输出的音量。

该电路有很多优势。高度集成的视频接收器无需额外的现场可编程门阵列(FPGA)便可调节视频。可轻松通过I<sup>2</sup>C写入调节亮度、对比度或改变音频音量。内置式EDID存储器可减少器件数量和电路板面积。降压开关调节器允许USB端口对电路供电。通过采用业界标准的片间连接，接收器、编解码器和视频数模转换器(DAC)之间可实现直接互连。该电路使用2层印刷电路板(PCB)，能以高达UXGA的分辨率(60 Hz时1600 × 1200)工作。

## 电路描述

[ADV7611](#)为HDMI输入提供接收解决方案，并具有5 V电缆检测、热插拔检测线路置位和用于EDID的DDC线路。

[ADV7611](#)集成了一个内部EDID RAM，可显示HDMI源。本电路中的内置色彩空间转换器(CSC)可转换任何HDMI色彩空间至8位RGB444字，适合驱动[ADV7125](#)视频DAC输入。它涉及如下色彩空间的转换：RGB、YCrCb(601和709)、XVYCC(601和709)以及HDMI规范中的其他色彩空间。

[ADV7611](#)还支持所有444和422之间转换的采样方案。

[ADV7125](#)视频DAC可将接收到的数字信号转换成VGA兼容型模拟信号。

转换器内部的音频处理始于[ADV7611](#)的内置音频数据包提取模块。该器件可输出几乎任何HDMI标准；然而，后端的[SSM2604](#)音频编解码器仅接受以44.1 kHz或48 kHz速率采样、并以线性脉冲码调制(LPCM)的I2S数据流。为保证这种I2S数据流的正常传送，[ADV7611](#)必须提供具有适当EDID内容的HDMI源，且EDID内容必须仅有LPCM功能。

音频线路的输出信号阻抗为100 Ω，并且需要一个额外的功率放大器级以便连接耳机或扬声器。

该电路采用[ADuC7020](#)微控制器控制。[ADuC7020](#)采用I<sup>2</sup>C SDA和SCL线路，通过[ADG736](#)连接，并切换到任一VGA显示数据通道(DDC)线路或主I<sup>2</sup>C总线。这种切换可以将主I<sup>2</sup>C总线从VGA I<sup>2</sup>C DDC线路中隔离，以降低任何潜在冲突的风险(以防万一监视器与其他设备共享DDC I<sup>2</sup>C，或VGA DDC线路故障)。主I<sup>2</sup>C总线包含[ADV7611](#)和[SSM2604](#) I<sup>2</sup>C从机设备。

[ADuC7020](#)亦带有通用异步收发器(UART)线路。它们与串行编程按钮(与P0.0相连)和复位按钮共同使用，通过可执行文件对片内闪存进行编程。正常工作时，UART接口在软件开发期间还可用于调试输出或终端。它需要一个额外的电平转换器(比如[ADM3202](#))通过RS232标准接口连接电脑。[ADuC7020](#)同时连接[ADV7611](#)的INT1和RESET引脚和[ADV7125](#)的PSAVE引脚，用于视频DAC控制。

该电路板使用两个[ADP2301](#)降压开关调节器，以5 V USB电源对电路板供电。这款高效率调节器可为电路板上的器件提供3.3 V和1.8 V电源。

## 初始化电路板

当电路板第一次通电时，它将VGA EDID从监视器读回，对[ADV7611](#)编程，使其接收HDMI流，并对[SSM2604](#)编程，使I<sup>2</sup>S音频可以通过DAC输出。

## 设置EDID内容

HDMI2VGA转换器确保视频显示器支持的正确视频标准可通过HDMI链路发送。HDMI规范要求HDMI源在发送视频流之前检查支持的HDMI接收器视频模式。一旦HDMI源读取了EDID内容，它便只能选择视频显示器支持的标准，理想化的情况是该标准正好最适用于该显示器。因此，要确保显示器支持输出视频，EDID内容非常重要。

音频标准的处理方法与此类似。EDID的内容中同时列出了HDMI接收器支持的音频标准。HDMI源发送的音频流必须匹配EDID内容罗列的标准之一。

[ADuC7020](#)用于读取VGA内容，以确定监视器的能力。典型监视器的VGA EDID不罗列音频能力，并且可能含有[ADV7611](#)不支持的视频分辨率(例如超过165 MHz的像素速率以及60 Hz时的1920 × 1200 VESA)。

因此，确保传送到HDMI源的EDID内容仅包含[ADV7611](#)和VGA显示通常支持的视频模式便非常重要。

## 为ADV7611准备EDID

最近发送至HDMI源的EDID信息初始源包含来自VGA监视器并经过读取和更改的EDID。一旦读取，VGA EDID便将以下字节复制到内部ADuC7020 RAM作更改。一旦完成更改，它们便提供给HDMI源(通过ADV7611内部EDID)。

- 字节[0:19]，报头信息
- 字节[19:24]，基本显示信息
- 字节[25:34]，颜色坐标
- 字节[35:37]，已建立的位图设置(ADV7611全部支持)

EDID的第20位字节(视频输入参数)被修改为0以表示HDMI2VGA转换器是一种数字视频输入。

EDID的字节[38:54]包含标准时序信息。为确保所列模式无一超过165 MHz的最大像素时钟频率，STD时序信息模块中列出的每一种模式均使用如下公式计算像素时钟频率：

$$PCLK = (X分辨率 + 1) \times (Y分辨率 + 1) \times 垂直刷新率$$

上面的方程估算传输视频时必须使用的最小像素频率。该估算基于这样一个假设：视频仅包含一个水平同步脉冲，每行脉冲宽度仅为一个像素值，并且每帧的垂直消隐间隔(VBI)仅一行。在实际应用中不会采用这种类型的视频，并且该估算也只是近似值。若要获得准确的PCLK值，请查找基于实际VESA标准的表格。

若计算得到的PCLK频率超过165 MHz，则EDID放弃使用该视频模式。

EDID的下一部分(字节[54:125])由4个描述符模块占据([54:71]、[72:89]、[90:107]和[108:125])。该应用检查全部4个描述符模块，并鉴别出两种类型的描述符：

- 详细的时序描述符(起始两位字节中至少有一个为非零)，用于像素时钟频率
- 监视器范围描述符(起始两位字节为零，第四位字节等于253)，用于监视器支持的最大像素时钟频率

详细时序描述符(DTD)表示监视器的本地视频时序。起始两位字节包含像素时钟频率值。若超过165 MHz，则整个描述符由适合640 x 480 (60 Hz)视频模式的DTD模块替换。

监视器范围描述符包含监视器可处理的最高PCLK频率信息。若它超过165 MHz，则将其设为等于165 MHz。

标准EDID的最终模块包含两个字节。

- 第126位字节给出额外EDID模块的数目。本应用以1覆写此字节以提供一个额外的EDID。
- 第127位字节是校验和字节。

额外的EDID模块(CEA-861类型)长度为128字节，包含音频能力和可支持视频标准的640 x 480像素的描述信息。该模块的主要目的是为HDMI源提供音频能力信息：带有左前置和右前置扬声器的立体声LPCM，44.1 kHz、48 kHz和32 kHz。CEA-861模块还包含所支持视频标准的额外信息，如YCbCr444和YCbCr422，以及标准RGB。

更多信息，请参考设计支持文件中的C源代码：  
<http://www.analog.com/CN0282-DesignSupport>

## HDMI源和VGA显示的检测

来自HDMI电缆信号的5 V信号将输入视频告知VGA监视器。ADuC7020并不检测VGA连接，并假设连接存在。监视器检测可通过回读EDID内容完成。若没有I<sup>2</sup>C应答，则假定监视器未连接。

无需检测HDMI源。一旦ADV7611针对接收HDMI内容编程，每次当电缆连接或输入视频标准变更时它便工作。当电缆断开时，HDMI接收器以最后接收的视频分辨率生成蓝屏。

HDMI源的检测由ADV7611完成。连接状态可由回读IO映射内的寄存器0x6F决定(器件地址为0x98)。参见硬件使用指南(UG-180)

## HDMI2VGA转换器的限制

需要考虑数据内容的保护。标准VGA信号是未经加密的视频信号，可使用模拟记录仪记录并回放，期间无任何内容保护机制。因此，VGA视频对于受版权保护的内容而言并不安全。因为HDMI至VGA转换器不支持原始版权视频流的内容保护，应当不允许它接收这些内容。

ADV7611解决了这一问题。它发布了两个芯片版本：ADV7611和ADV7611-P。ADV7611支持加密内容的解密，而ADV7611-P没有这一功能，它仅能接收未加密的视频内容。HDMI2VGA转换器必须使用ADV7611-P。

图1所示电路加以修改便可在现有VGA监视器内接收加密内容，只要修改的方式不允许用户轻松访问解密视频流即可。



## 布局考虑

ADV7611BSWZ-P和ADV7125BCPZ之间谨慎的布线可让该电路建立在一块2层电路板上。该电路板已证明可在165 MHz像素时钟频率下传输视频流。PCB的底层主要是一个实体接地层，一些线路与底层相连。许多过孔连通顶层和底部接地层，减少高速信号下电路板电流的瞬变特性造成的接地反弹。图2是PCB的俯视图。若需完整原理图、物料清单(BOM)和布局细节，请参考设计支持文件：<http://www.analog.com/CN0282-DesignSupport>。

在实际系统中使用时，4层的PCB更具有优势。HDMI兼容性测试要求进入HDMI接收器的所有最小化传输差分信号(TMDS)线路具有 $100\ \Omega \pm 10\%$ 的特征阻抗。4层PCB通常比2层PCB更容易保持线路特征阻抗。另外，4层PCB提供更多

选项抑制电磁干扰(EMI)/射频干扰(RFI)，并符合电磁兼容规范(EMC)。

高速数字信号具有快速上升和下降沿，因此有产生EMI/RFI效应的风险。电路板上的高速信号主要存在于连接ADV7611输出和ADV7125 DAC输入的像素总线链路上。某些情况下，可在这些线路上添加串联电阻，减缓快速边沿，以尽可能降低EMI/RFI效应。在2层电路板布局中，ADV7611和ADV7125相对距离较近，因此无需串联电路。

提供设置像素总线驱动器以及音频输出的驱动强度的选项，可用来降低EMI/RFI辐射的影响。在ADV7611内部完成驱动强度的降低工作。更多信息，请参考UG-180用户指南的“驱动强度选择”部分。



图2. 带音频提取的HDMI至VGA (HDMI2VGA)转换器，2层PCB

10892-002

## 评估与测试

该电路使用如下HDMI源进行测试：

- DVD-S97 DVD/CD播放器(640 × 480p)
- Dell E6520笔记本电脑(1280 × 1024或1600 × 1200 VGA监视器分辨率)
- 蓝光Panasonic DMP-BDT100 (640 × 480p)
- Quantum Data 882视频发生器 (UXGA 1600 × 1200, 60 Hz, 8 bpp)

该电路使用如下VGA监视器进行测试：

- Dell 1908FP(60 Hz时, 最大分辨率: 1280 × 1024)
- Dell 2007FP(60 Hz时, 最大分辨率: 1600 × 1200)
- Sun Microsystems GDM-5010PT监视器

电路板评估过程中, 使用UART连接器(EVAL-ADuC-CABLE1Z)显示评估板的编程信息、调试信息和VGA监视器的EDID内容。EVAL-ADuC-CABLE1Z是一款RS-232电平转换器, 允许LVTTTL和RS-232逻辑电平间接口。

测试要求连接图3所示电缆(VGA、HDMI、音频输出和USB), 并按下复位按钮。

消费类视频播放器(DVD或蓝光)通常不支持VESA视频分辨率, 如XGA、SXGA或UXGA。测试过程中, 这些源输出标准VGA。

Dell E6520笔记本电脑可用作视频源, 它本身支持VESA标准并可正确回读HDMI2VGA转换器提供的内容。它输出1280 × 1024 / 60 Hz至Dell 1908FP监视器, 或输出1600 × 1200 / 60 Hz至Dell 2007FP监视器。

两个视频播放器均可针对EDID提供LPCM音频内容, 并可从音频编解码器正常解码及输出数据。

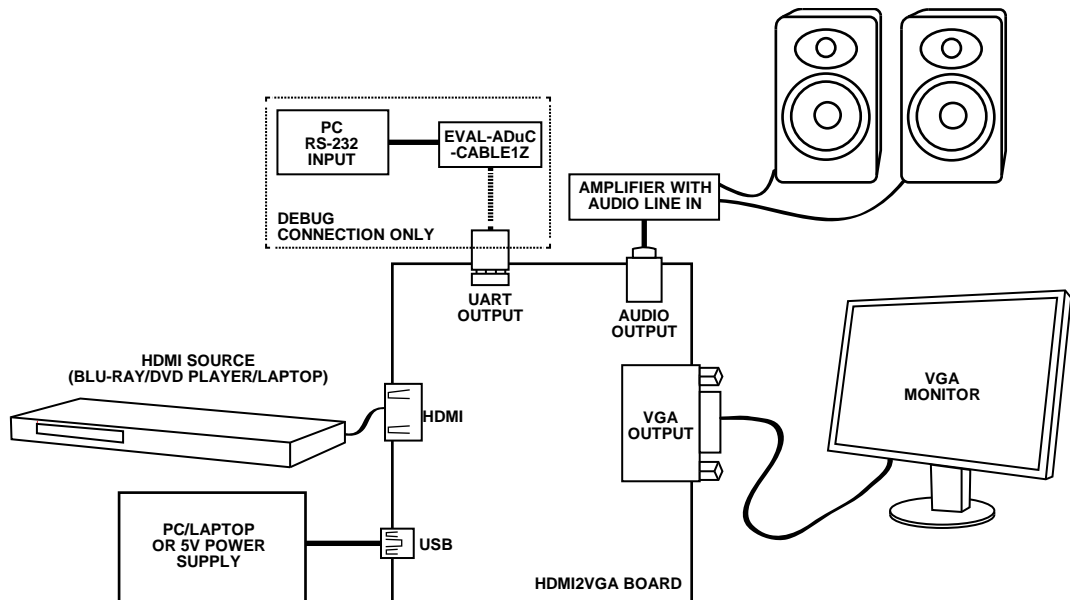


图3. 测试设置框图

10892-003

## 了解详情

CN-0282 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0282-DesignSupport>

ADV7611 Design Support File on Engineer Zone:

<http://ez.analog.com/docs/DOC-1745>

Ardizzoni, John. *A Practical Guide to High-Speed Printed-Circuit-Board Layout*. Analog Dialogue 39-09, September 2005.

MT-031 Tutorial. *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND"*. Analog Devices, Inc., 2009.

MT-101 Tutorial. *Decoupling Techniques*. Analog Devices, Inc., 2009.

Howard Johnson, Martin Graham, *High-Speed Digital Design*, Prentice Hall, ISBN-10: 0133957241, ISBN-13: 978-0133957242.

Howard Johnson, Martin Graham, *High Speed Signal Propagation*, Prentice Hall, ISBN-10: 013084408X, ISBN-13: 978-0130844088.

VESA EDID Specification

CEA861 Specification

HDMI 1.4b Specification

## 数据手册和评估板

[ADV7611 Datasheet](#)

[ADV7125 Datasheet](#)

[ADuC7020 Datasheet](#)

[ADP2301 Datasheet](#)

[SSM2604 Datasheet](#)

[UG-180, User Guide for ADV7611](#)

## 修订历史

**2012年7月—修订版0：初始版**

I<sup>2</sup>C refers to a communications protocol originally developed by Philips Semiconductors (now NXP Semiconductors).

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab circuits in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab circuits are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.  
CN10892sc-0-7/12(0)

