



广州创龙电子科技有限公司

Guangzhou Tronlong Electronic Technology Co., Ltd

DSP+ARM+FPGA

三核主板方案领导

TMS320C6748 开发板使用手册

Revision History

Revision No.	Description	Draft Date	Remark
V1.0	1.初始版本	2014/5/5	

销售邮箱: sales@tronlong.com

公司总机: 020-8998-6280

技术邮箱: support@tronlong.com

公司官网: www.tronlong.com

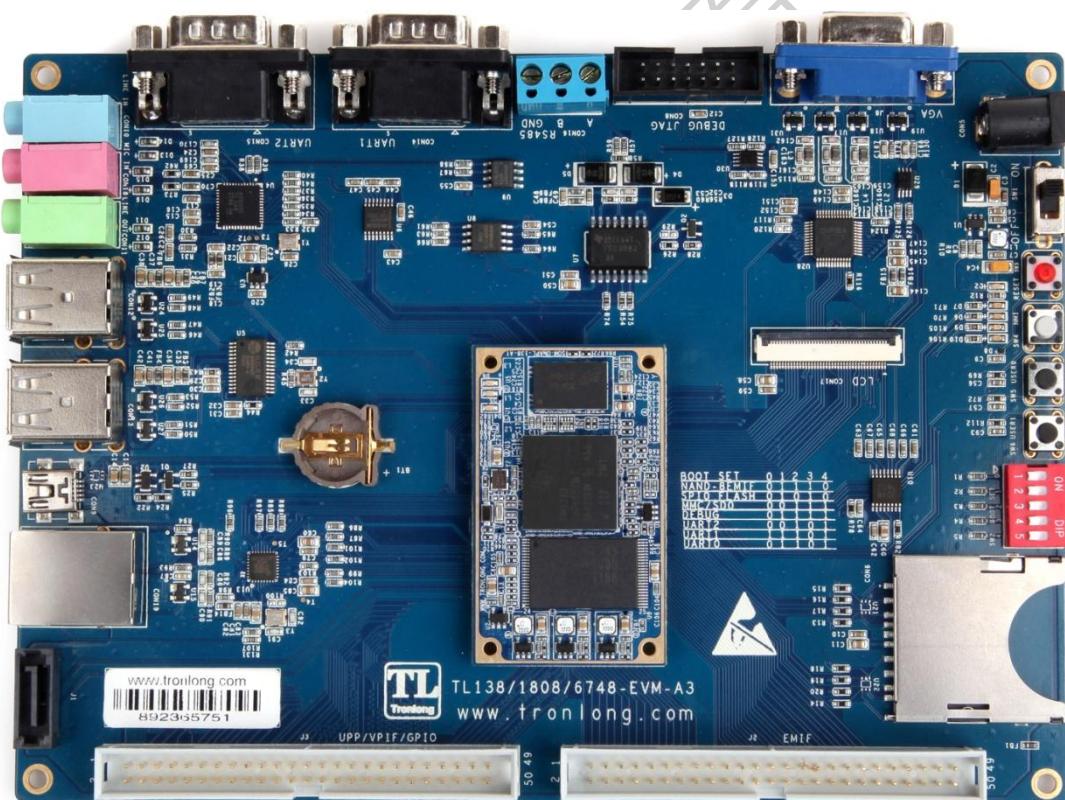


广州创龙电子科技有限公司

Guangzhou Tronlong Electronic Technology Co.,Ltd

DSP+ARM+FPGA

三核主板方案领导者



销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

2/140



阅前须知

版权声明

广州创龙电子科技有限公司保留随时对其产品进行修改和完善的权利，同时也保留在不作任何通告的情况下，终止其任何一款产品的供应和服务的权利。请用户在购买前向我司获取相关产品的最新信息，本文档一切解释权归广州创龙所有。

©2014-2018 Guangzhou Tronlong Electronic Technology Co.,Ltd. All rights reserved.

公司简介

广州创龙电子科技有限公司（简称“广州创龙”，英文简称“Tronlong”），是杰出的嵌入式方案商，专业提供嵌入式开发平台工具及嵌入式软硬件定制设计及技术支持等服务，专注于 DSP+ARM+FPGA 三核系统方案开发，和国内诸多著名企业、研究所和高校有密切的技术合作，如富士康、威胜集团、中国科学院、清华大学等国内龙头企业和院校。

TI 嵌入式处理业务拓展经理 ZhengXiaolong 指出：“Tronlong 是国内研究 OMAP-L138 最深入的企业之一，Tronlong 推出 OMAP-L138+Spartan-6 三核数据采集处理显示解决方案，我们深感振奋，它将加速客户新产品的上市进程，带来更高的投资回报率，使得新老客户大大受益。”

经过近几年的发展，创龙产品已占据相关市场主导地位，特别是在电力、通信、工控、音视频处理等数据采集处理行业广泛应用。创龙致力于让客户的产品快速上市、缩短开发周期、降低研发成本。选择创龙，您将得到强大的技术支持和完美的服务体验。

产品保修

广州创龙所有产品保修期为一年，保修期内由于产品质量原因引起的，经鉴定系非人为因素造成的产品损坏问题，由广州创龙免费维修或者更换。

更多帮助

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com

公司总机: 020-8998-6280 公司官网: www.tronlong.com

DSP 论坛: www.51dsp.net

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280 公司官网: www.tronlong.com

3/140



目录

1	开发板准备	7
1.1	测试开发板硬件	7
1.2	查看仿真器驱动是否正常安装	7
2	基于仿真器的程序加载和烧写	8
2.1	设置工程配置文件信息	8
2.2	测试仿真器是否正常连接	10
2.3	加载 GEL 文件	11
2.4	CCS 连接开发板 CPU	12
2.5	运行 GEL 文件来初始化开发板	13
2.6	查看 CPU 版本号	14
2.7	加载文件烧写程序	14
2.8	基于仿真器烧写程序到 NAND FLASH	15
2.9	NAND FLASH 烧写格式镜像转换方法	16
3	基于串口的程序加载和烧写	18
3.1	串口加载和烧写格式镜像转换方法	18
3.2	程序加载和运行	20
3.3	基于串口烧写程序到 NAND FLASH	24
4	基于 SD 卡运行程序	27
4.1	SD 启动格式镜像转换方法	27
4.2	将程序烧写到 SD 卡	29
4.3	SD 卡模式启动开发板	32
5	CCS 工程新建和编译	32
5.1	新建工程	34
5.2	编写程序	37
5.3	编译和运行程序	38
6	CCS 工程导入和编译步骤	40



7	Demo 例程演示	45
7.1	GPIO_LED——GPIO 输出 (LED 灯)	47
7.2	GPIO_KEY——GPIO 输入 (按键中断)	47
7.3	TIMER——定时器	48
7.4	UART0_INT——UART0 串口中断收发	48
7.5	UART1_POLL——UART1 串口查询收发	49
7.6	UART2_INT——UART2 串口中断收发	50
7.7	RS485——RS485 串口查询收发	51
7.8	IIC EEPROM——IIC EEPROM 读写	52
7.9	SPI_FLASH——SPI FLASH 读写	53
7.10	WatchDog——看门狗	54
7.11	NMI——不可屏蔽中断	55
7.12	PWM——高精度脉冲宽度调制器 PWM 输出	56
7.13	ECAP_APWM——增强型捕获模块 ECAP 辅助输出	57
7.14	PWM_ECAP——增强型捕获模块 ECAP 捕获	59
7.15	RTC——RTC 时钟	61
7.16	LCD——LCD 显示	62
7.17	TOUCH——触摸屏	64
7.18	MMCSD——SD 卡读写	65
7.19	USB_DEV_BULK——USB OTG 从方式 (USB BULK 管道通信)	66
7.20	USB_DEV_MSC——USB OTG 从方式 (虚拟存储设备)	75
7.21	USB_DEV_SERIAL——USB OTG 从方式 (USB 虚拟串口)	79
7.22	USB_HOST_KEYBOARD——USB OTG 主方式 (USB 键盘)	82
7.23	USB_HOST_MOUSE——USB OTG 主方式 (USB 鼠标)	83
7.24	USB_HOST_MSC——USB OTG 主方式 (U 盘内容查看)	83
7.25	ENET_HTTPD——网络 Web 服务器	85
7.26	ENET_ECHO——网络 Socket 通信	87
7.27	AUDIO_LINE_OUT——Line Out 音频输出	94

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net



7.28	AUDIO_MIC_IN——Mic In 音频输入	95
7.29	AUDIO_LINE_IN——Line In 音频输入	95
7.30	McBSP——McBSP 总线数据收发	96
7.31	VPIF_OV2640——VPIF 总线 CMOS 摄像头数据采集	98
7.32	EMIF_AD7606——EMIF 总线 8 通道并口 AD 数据采集	99
7.33	EDMA3——EDMA3 一维数据传输	103
7.34	EDMA3_TRANSPOSE——EDMA3 二维数据传输	104
7.35	uPP——uPP 数据收发	105
7.36	SATA——SATA 读写	105
7.37	FFT——快速傅里叶变换/逆变换（不开缓存）	105
7.38	FFT_Benchmark——快速傅里叶变换/逆变换（打开/关闭缓存速度对比）	109
7.39	FIR——有限长单位冲激响应滤波器	119
7.40	IIR——无限脉冲响应数字滤波器	129
7.41	Matrix——矩阵运算	134
7.42	DCT——图像离散余弦变换	136
8	更多帮助	139
9	附录 Boot Mode Selection	140

1 开发板准备

1.1 测试开发板硬件

将开发板的拨码开关 1~5 号对应拨到 00101(说明见附录, 1 代表 ON, 0 代表 OFF, X 代表任意, 即可以是 0 也可以是 1), 这是 UART2 档位。RS232 串口线通过 USB 转串口接到 PC 机的 USB 口, DB9 母头(带孔)接底板 UART2 口, 设置 PC 机调试终端 COM 口, 波特率为 115200, 8N1, 无检验位。推荐使用 ZOC 串口调试终端软件, TMS320C6748 产品资料光盘的 tools 目录下有 ZOC 的安装包 zoc602.zip。

假如是使用 ZOC 的用户, 依次点击菜单栏的 Options->Jump to->Devices, 然后选择 Serial/Modem。在 Serial/Modem 中扫描然后选择 COM 口, 波特率为 115200, 8N1, 无检验位, RTS signal off, DTR signal off, 其它选项按默认设置。

开发板上电, 即可在调试终端看到系统自动打印的 BOOTME 信息, 说明开发板硬件正常工作了。

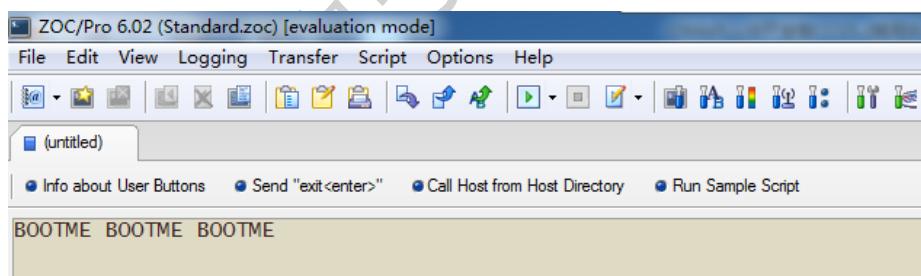


图 1

1.2 查看仿真器驱动是否正常安装

开发板断电, 连接好仿真器和开发板, 并将仿真器的 USB 口插进电脑 USB 插槽, 开发板上电。右击计算机图标, 点击“设备->通用串行总线控制器”, 查看是否有对应的仿真器的选项出现, 如有说明仿真器驱动已经正常安装, 否则请先正确安装 CCS。

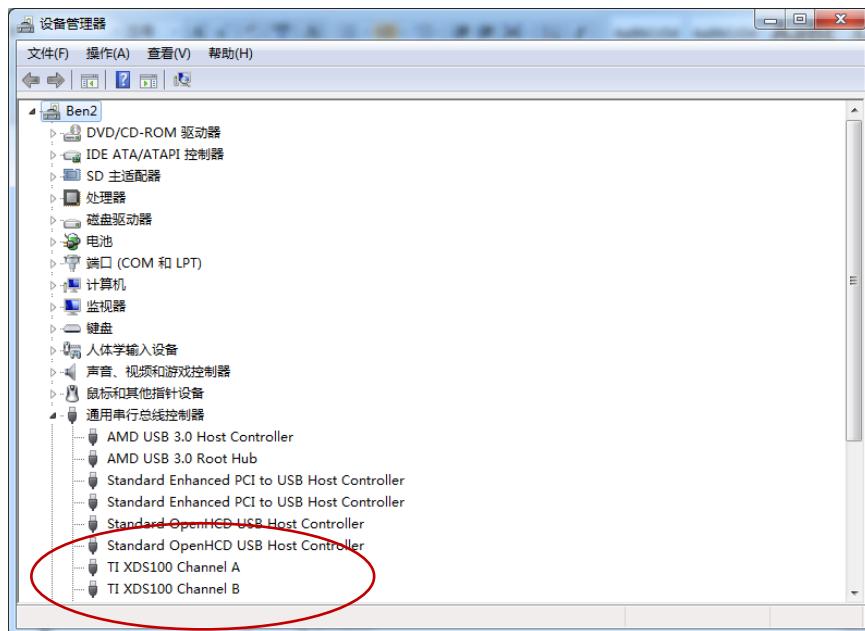


图 2

2 基于仿真器的程序加载和烧写

2.1 设置工程配置文件信息

打开 CCS，点击菜单"View->Target Configurations"，右边弹出如下对话框：

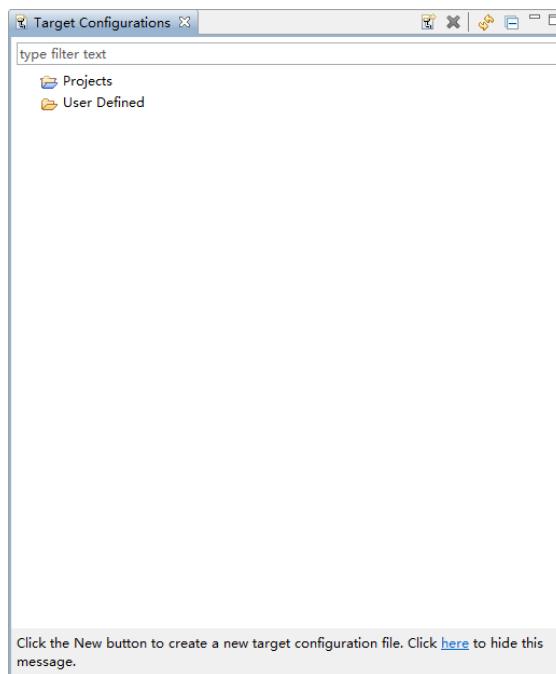


图 3

点击左边第一项，新建配置文件。

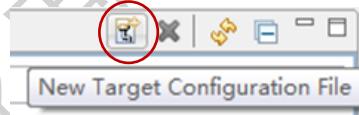


图 4

输入工程配置文件名字，点击 Finish。

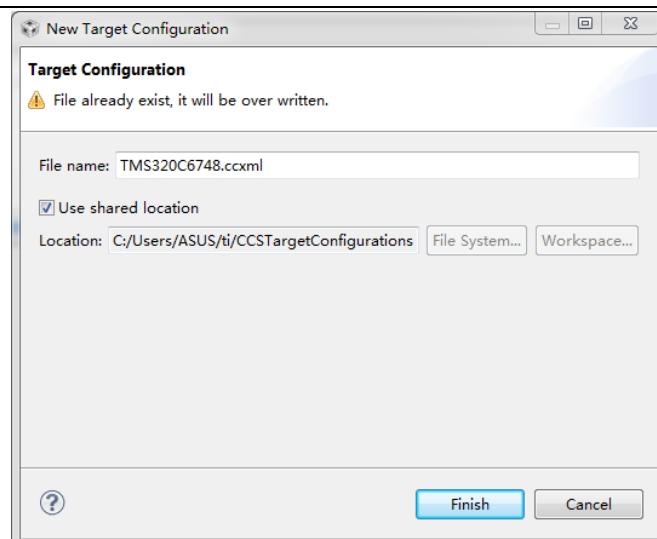


图 5

在弹出的对话框的"Connection"下拉框中选择对应的仿真器类型，在"Board or Device"下拉框中选择 TMS320C6748，点击右边的 Save 按钮。

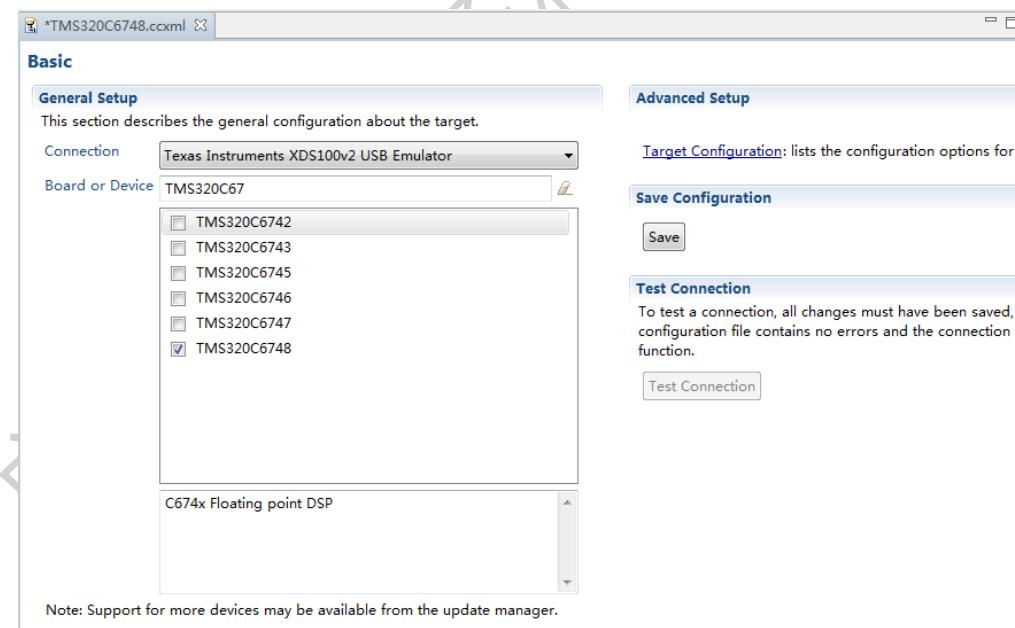


图 6

2.2 测试仿真器是否正常连接

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net
公司总机: 020-8998-6280 公司官网: www.tronlong.com 10/140



点击"Test Connection"，看是否提示成功连接，如下图。如提示错误，请检查开发板是否上电、接线是否正常。

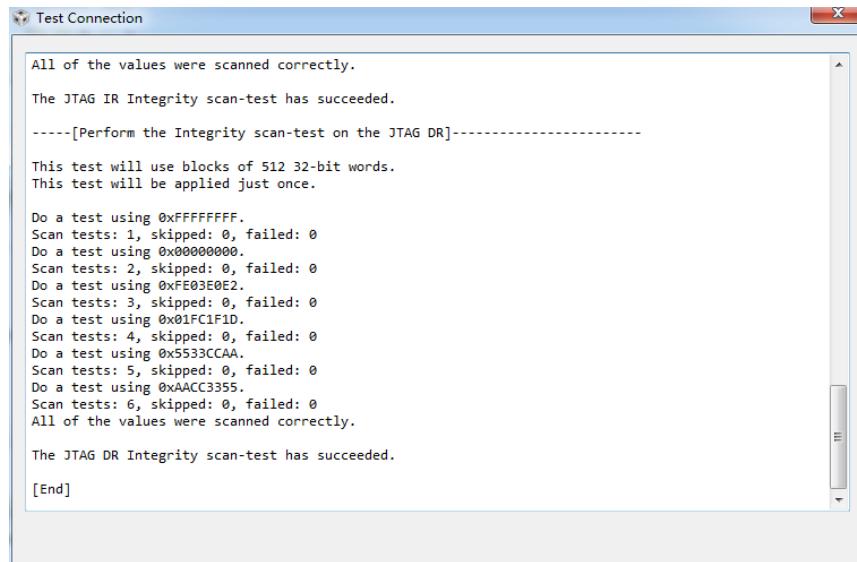


图 7

2.3 加载 GEL 文件

点击 CCS 菜单"Run->Debug"，弹出以下界面。可以看到 C674X_0。

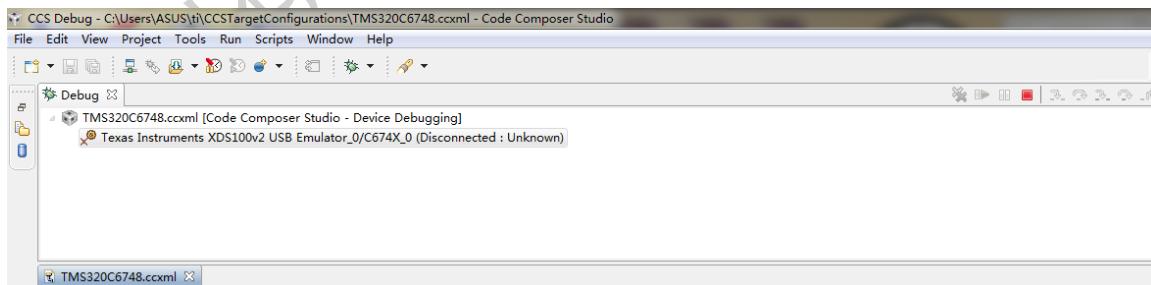


图 8

右击 C674X_0 核，在弹出的界面中选择"Open GEL Files View"选项，右下角会弹出"GEL Files(TMS320C674X)"对话框。

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

11/140

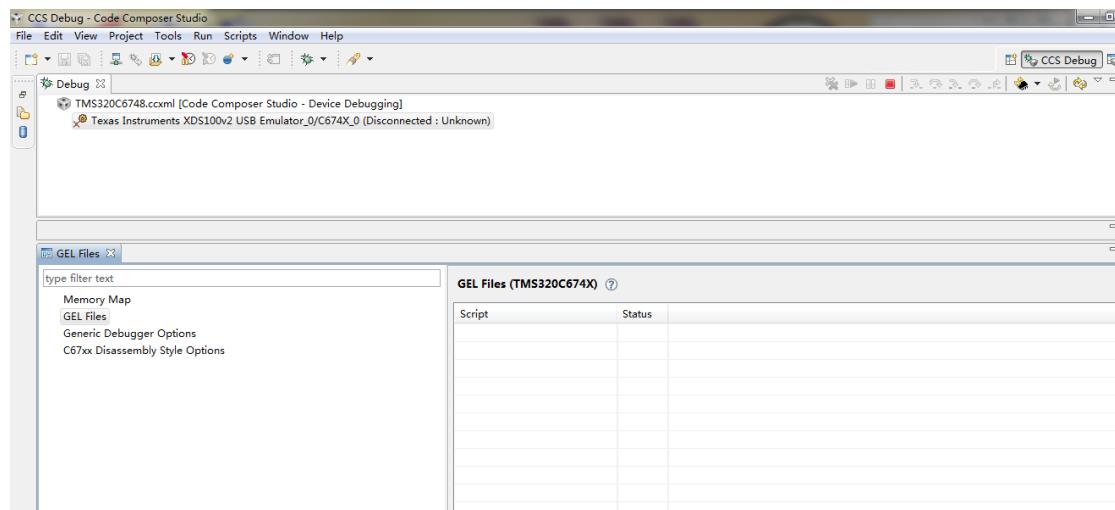


图 9

在对话框内点击右键，在弹出的界面中选择"Load GEL"。选择 C6748 光盘 images 下的 GEL 文件 Tronlong_C6748.gel，再点击确定，接着右下角的"GEL Files(TMS320C674X)"对话框会出现"Success"提示语句，如下图：



图 10

2.4 CCS 连接开发板 CPU

右击 C674X_0 核，选择"Connect Target"选项，会显示 Suspended 状态。这说明 CCS 已经和开发板 CPU 正常连接起来了。

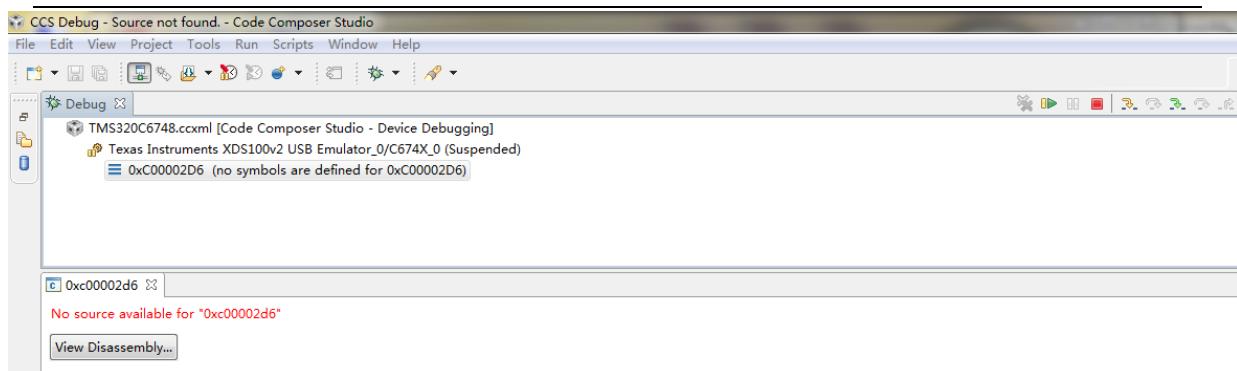


图 11

备注：此处提示的"No source****"内容不是错误信息，无需关心。

2.5 运行 GEL 文件来初始化开发板

点击菜单 "Scripts->TronLong_DSP_C6748->TronLong_C6748_456MHz"，运行后会提示"Config Complete"，开发板初始化完成。

GEL 文件的作用是在调试模式初始化硬件环境（DDR2、NAND FLASH 等），只有加载了 GEL 文件后才会出现此菜单，只要开发板不断电初始化操作只需要执行一次就可以。

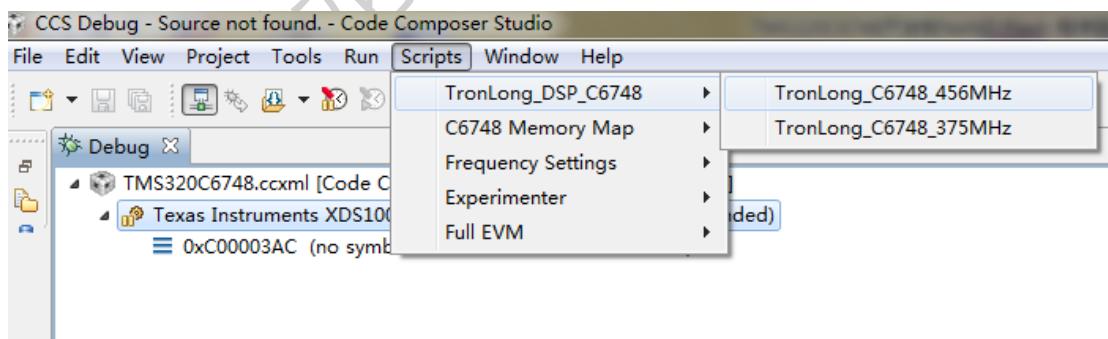
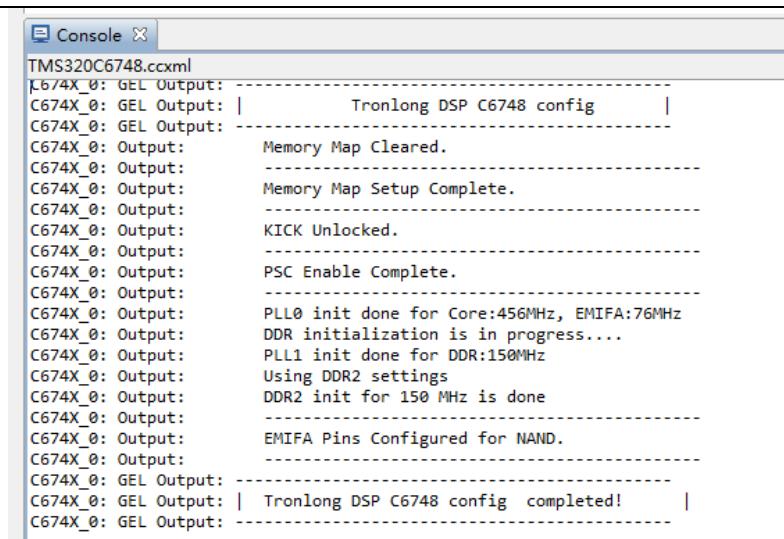


图 12



```

Console
TMS320C6748.cxml
C674X_0: GEL Output: -----
C674X_0: GEL Output: | Tronlong DSP C6748 config |
C674X_0: GEL Output: -----
C674X_0: Output: Memory Map Cleared.
C674X_0: Output: -----
C674X_0: Output: Memory Map Setup Complete.
C674X_0: Output: -----
C674X_0: Output: KICK Unlocked.
C674X_0: Output: -----
C674X_0: Output: PSC Enable Complete.
C674X_0: Output: -----
C674X_0: Output: PLL0 init done for Core:456MHz, EMIFA:76MHz
C674X_0: Output: DDR initialization is in progress....
C674X_0: Output: PLL1 init done for DDR:150MHz
C674X_0: Output: Using DDR2 settings
C674X_0: Output: DDR2 init for 150 MHz is done
C674X_0: Output: -----
C674X_0: Output: EMIFA Pins Configured for NAND.
C674X_0: Output: -----
C674X_0: GEL Output: -----
C674X_0: GEL Output: | Tronlong DSP C6748 config completed!
C674X_0: GEL Output: -----

```

图 13

2.6 查看 CPU 版本号

点击菜单"View->Memory Browser"，会出现"Memory Browser"窗口，在输入框中输入"0x11700000"并回车，选择"Character"可查询 TMS320C6748 核的版本号，CPU 版本号在 out 镜像文件格式转换时将会用到。此处查询到的 DSP 核版本号为: d800k008，如下图：

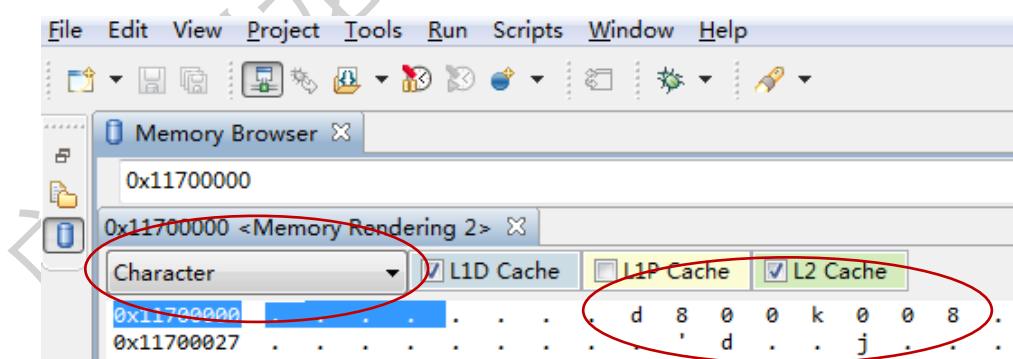


图 14

2.7 加载文件烧写程序

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

14/140



点击"Run->Load->Load Program"，选择光盘中 images 目录下的 C6478_NandWrite.out 文件，点击 OK。接着点击绿色三角启动按键 。在 Console 窗口会有打印信息出现，提示是否擦除 NAND FLASH。

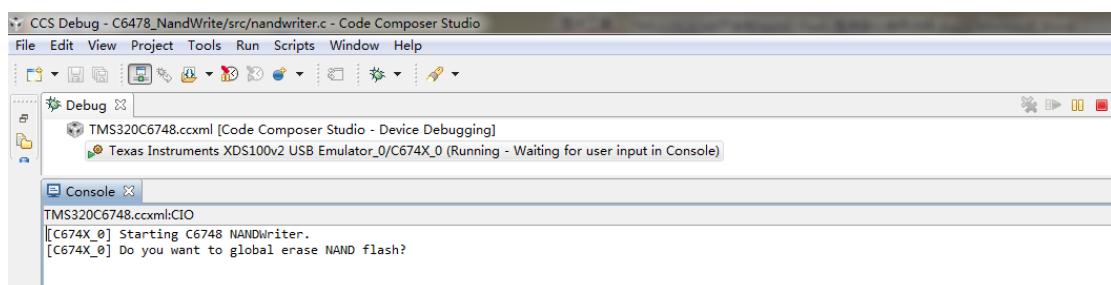
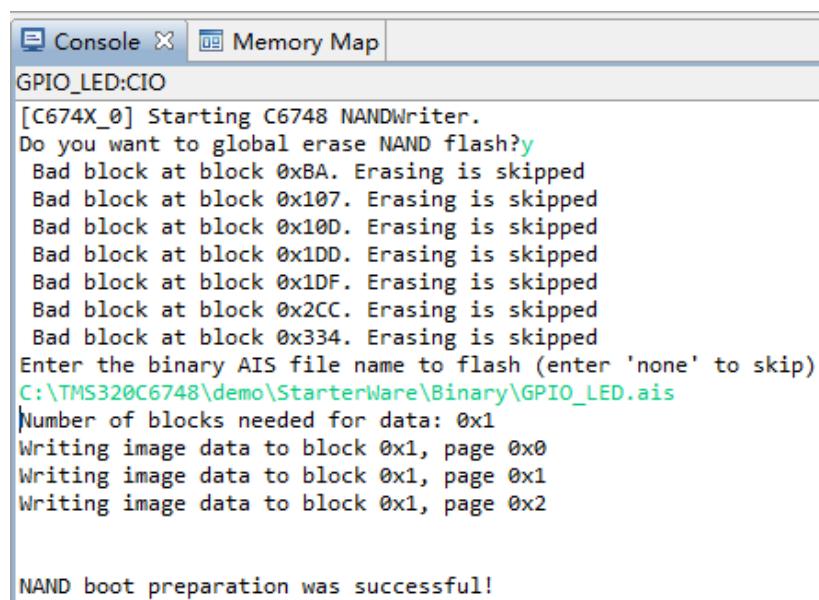


图 15

备注：如果第一次操作没有出现 Console 窗口，请按黄色键暂停运行 ，然后按重启键 复位 CPU，接着点击绿色三角启动按键 ，即可看到 Console 窗口会有打印信息出现。

2.8 基于仿真器烧写程序到 NAND FLASH

以 LED 流水灯程序为例，将光盘"demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais"拷贝到一个非中文路径，在 Console 窗口 "[C674X_0] Do you want to global erase NAND FLASH?" 行后面输入 "y"，按回车键进行擦除 NAND FLASH。擦除完后，会提示 "Enter the binary AIS file name to flash (enter 'none' to skip) :"，在下一行空白处输入需要烧写的 DSP 程序镜像 GPIO_LED.ais 的完整路径，并按回车键。等待一会会出现 "NAND boot preparation was successful!" 即烧写成功，如下图所示：



Console Memory Map

GPIO_LED:CIO

```
[C674X_0] Starting C6748 NANDWriter.
Do you want to global erase NAND flash?y
Bad block at block 0xBA. Erasing is skipped
Bad block at block 0x107. Erasing is skipped
Bad block at block 0x10D. Erasing is skipped
Bad block at block 0x1DD. Erasing is skipped
Bad block at block 0x1DF. Erasing is skipped
Bad block at block 0x2CC. Erasing is skipped
Bad block at block 0x334. Erasing is skipped
Enter the binary AIS file name to flash (enter 'none' to skip)
C:\TMS320C6748\demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais
Number of blocks needed for data: 0x1
Writing image data to block 0x1, page 0x0
Writing image data to block 0x1, page 0x1
Writing image data to block 0x1, page 0x2

NAND boot preparation was successful!
```

图 16

烧写完 GPIO_LED.ais 镜像后，拔下开发板仿真器接口，将开发板的拨码开关 1~5 号对应拨到 01110 档位，这是 NAND FLASH 启动档位，接着上电就可以看到开发板 LED 流水灯效果。

2.9 NAND FLASH 烧写格式镜像转换方法

仿真器只支持 ais 格式镜像烧写，而 CCS 编译程序生成的镜像为 out 格式文件，所以需把 out 格式镜像转换为 ais 格式镜像才能用仿真器进行烧写，有关格式转换步骤如下：

(1) 打开 AISgen 软件。

打开 AISgen 软件，弹出如下界面：

备注：如果 AISgen 是安装在默认路径，请双击"C:\AISgen_d800k008_Install_v1.13\AISgen for D800K008\AISgen_d800k008.exe"。

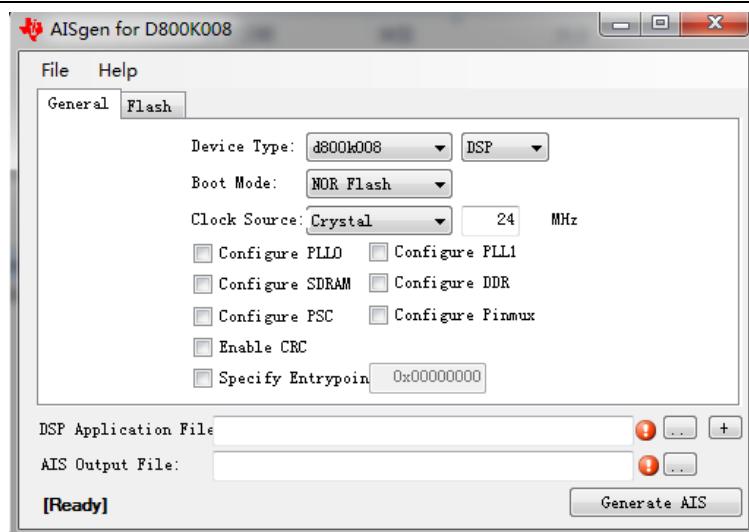


图 17

(2) 点击"File->Load Configuration"，弹出如下加载界面：

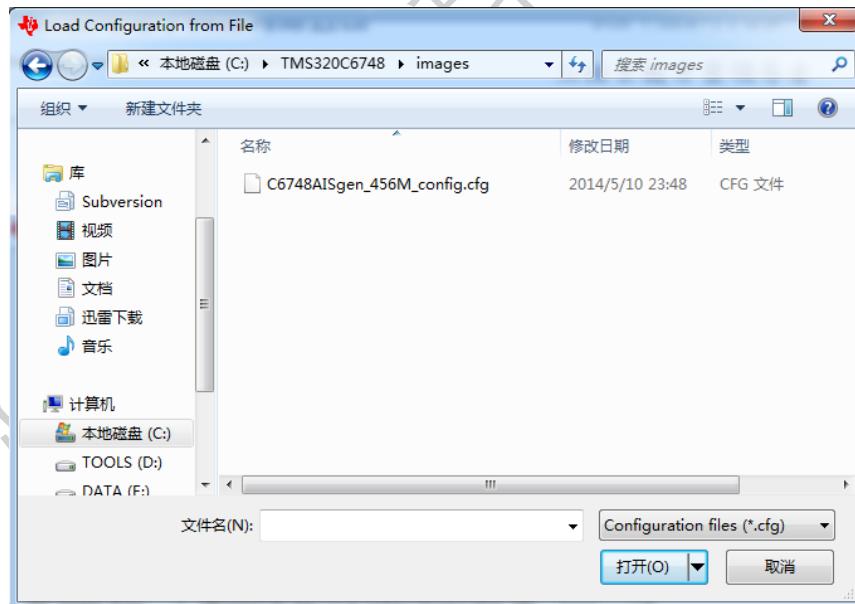


图 18

(3) 选择光盘 images 目录下配置文件 C6748AISgen_456M_config.cfg，在"Device Type"下拉框中选择 CPU 对应的 CPU 版本号，此版本号可根据前面版本号查询操作得到。

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

17/140

在"Boot Mode"下拉框选择"NAND Flash"。在"DSP Application File"下拉框中选择 out 格式文件所在路径(在光盘"demo\StarterWare\Binary"目录下有很多现成的 out 格式程序镜像), 在"AIS Output File"填写 ais 格式文件输出路径和名字。

最后点击"Generate AIS"按键, 即可生成用于仿真器烧写的 ais 格式镜像, 如下图所示:

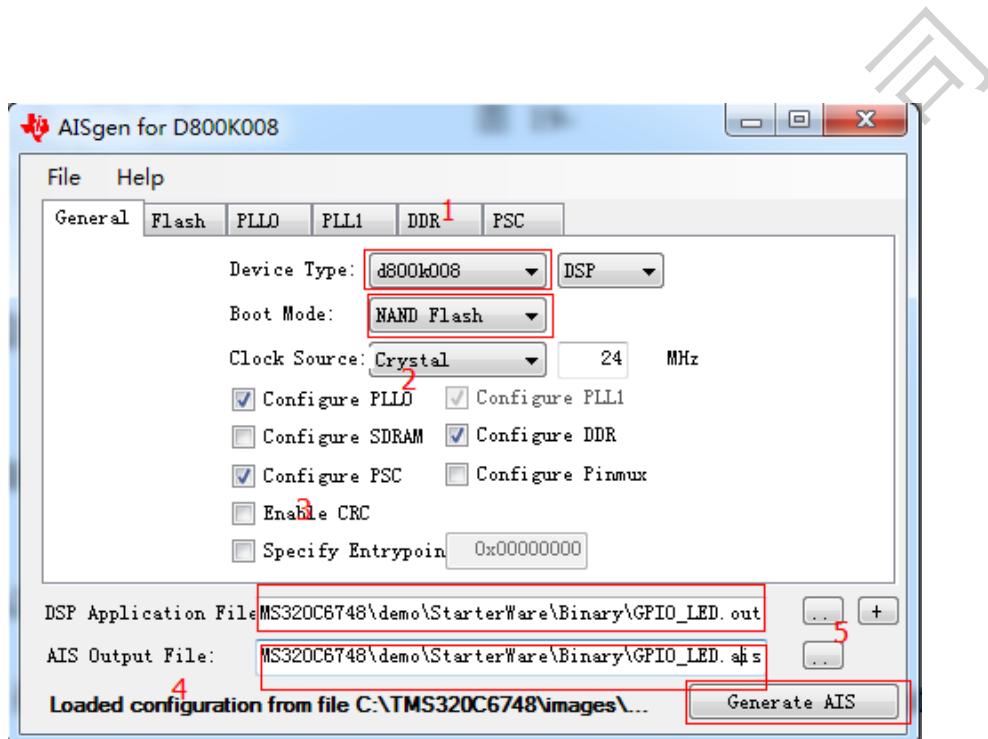


图 19

3 基于串口的程序加载和烧写

3.1 串口加载和烧写格式镜像转换方法

(1) 打开 AISgen 软件。

打开 AISgen 软件, 弹出如下界面:

备注: 如果 AISgen 是安装在默认路径, 请双击"C:\AISgen_d800k008_Install_v1.13\AISgen for D800K008\AISgen_d800k008.exe"。

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

18/140

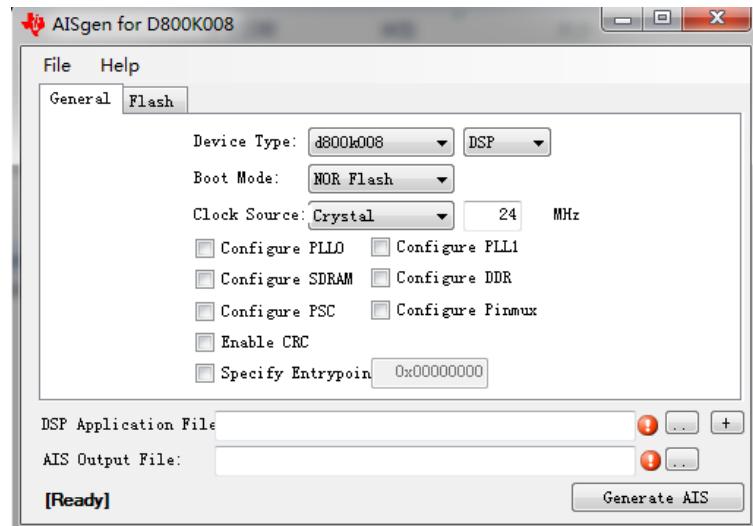


图 20

(2) 点击"File->Load Configuration"，弹出如下界面：

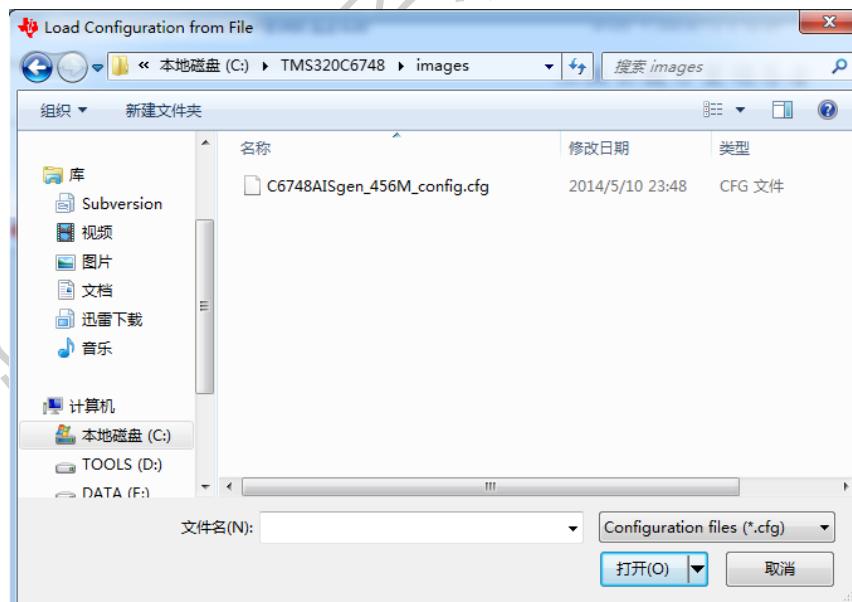


图 21

(3) 选择光盘 images 目录下配置文件 C6748AISgen_456M_config.cfg，在"Device Type"

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

19/140

"下拉框中选择 CPU 对应的 CPU 版本号,此版本号可根据前面版本号查询操作得到。

在"Boot Mode"下拉框选择对应的串口"UART2"。在"DSP Application File"下拉框中选择 out 格式文件所在路径 (在光盘"demo\StarterWare\Binary"目录下有很多现成的 out 格式程序镜像), 在"AIS Output File"填写 ais 格式文件输出路径和名字。

最后点击"Generate AIS"按键, 即可生成用于串口加载和烧写的 ais 格式镜像, 如下图所示:

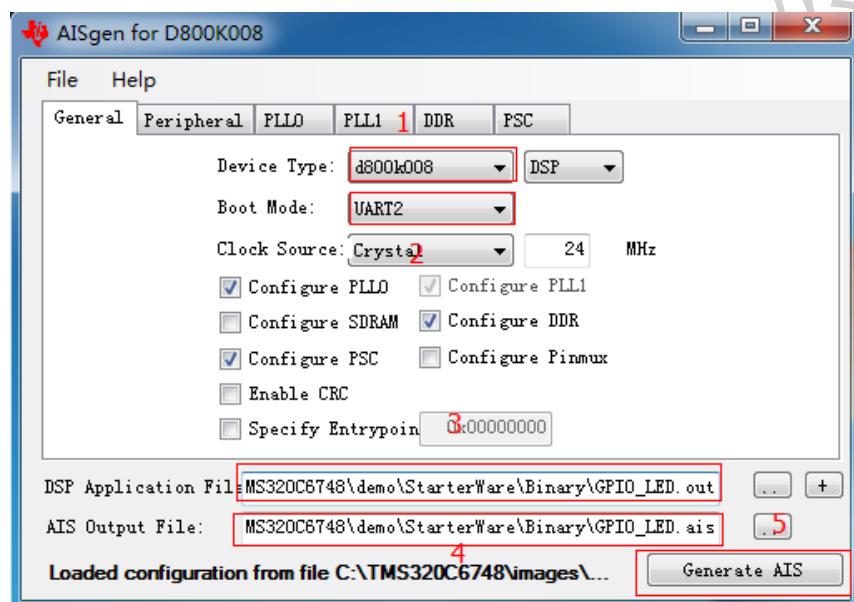


图 22

3.2 程序加载和运行

(1) 开发板设置

将开发板的拨码开关 1~5 号对应拨到 00101 (说明见附录, 1 代表 ON, 0 代表 OFF, X 代表任意, 即可以是 0 也可以是 1), 这是 UART2 档位, 然后将开发板上电。

(2) 打开 UartHost 软件

打开 UartHost 软件, 弹出如下界面:

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

20/140



备注: 如果 AISgen 是安装在默认路径, 请双击"C:\AISgen_d800k008_Install_v1.13\AISgen for D800K008\UartHost\UartHost.exe"。

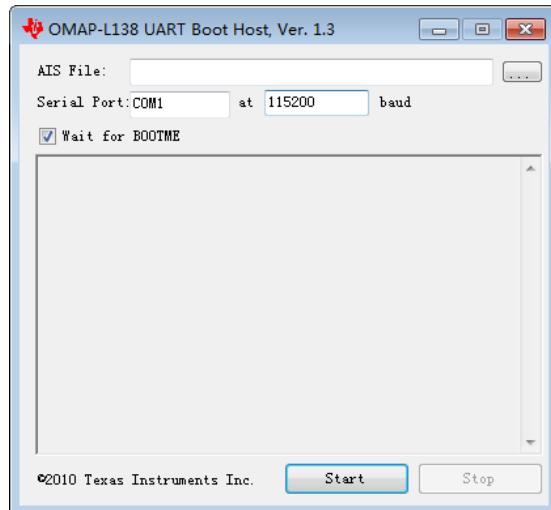


图 23

(3) 加载和运行程序

选择转换好的串口 ais 格式烧写镜像, 修改串口为对应端号, 波特率: 115200, 如下图所示。

备注: 此时调试串口软件需要关闭, 因为调试串口软件会占用串口。

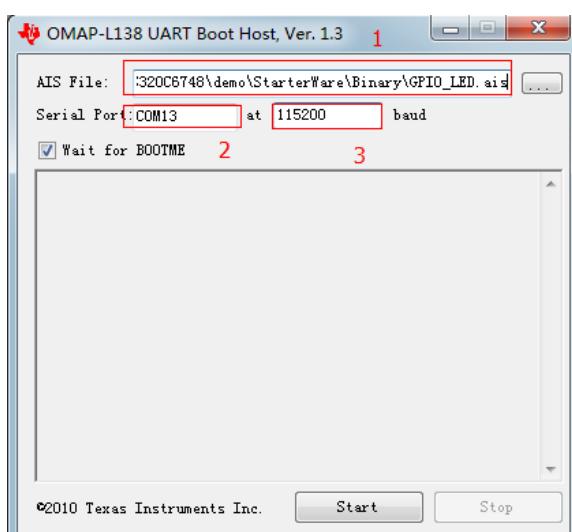




图 24

点击开始，弹出如下界面：

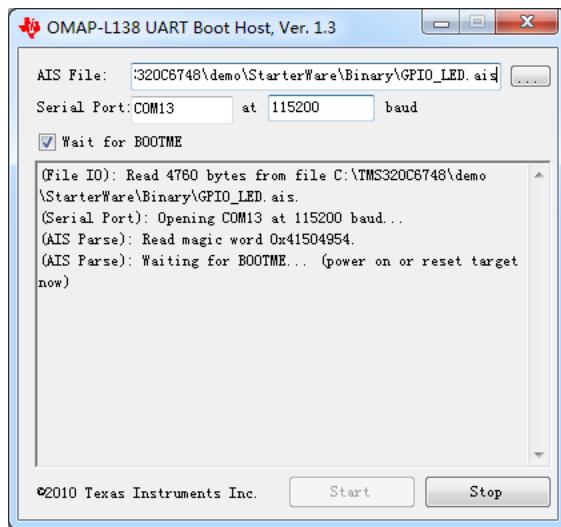


图 25

将开发板复位，程序会通过串口加载到 DDR2 中，然后自动运行。UartHost 打印信息如下：

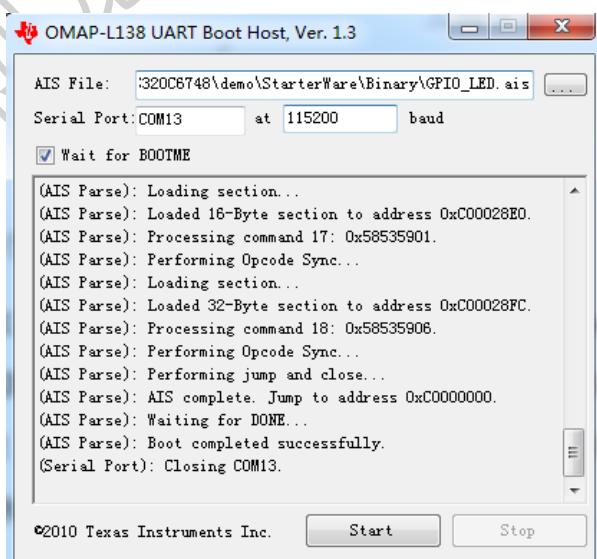


图 26



(4) 通过 slh_OMAP-L138 软件加载和运行程序。

也可以使用 slh_OMAP-L138 软件通过 DOS 命令行加载和运行程序。可以在光盘 "demo\StarterWare\HostApp\tools" 目录下找到 slh_OMAP-L138.exe 软件，将其拷贝到 C 盘根目录。开发板拨码开关保持在 UART2 档位，在 Windows 开始菜单底部输入 cmd 进入控制台窗口（**注意：** COM 口和镜像路径参数需和实际一致，镜像路径为上面步骤产生的 ais 格式镜像文件路径），并执行加载命令，如下图所示：

备注： 此时调试串口软件需要关闭，因为调试串口软件会占用串口。

DOS# cd C:

DOS# slh_OMAP-L138 -waitForDevice -p COM13

C:\TMS320C6748\demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais

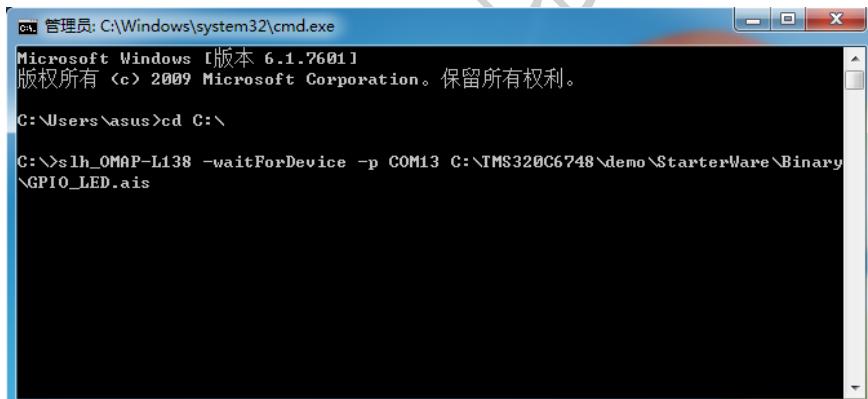


图 27

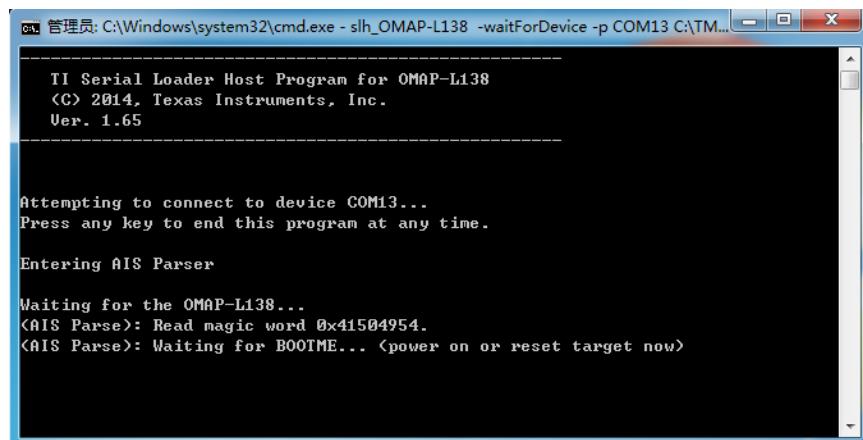


图 28

此时将开发板复位，程序会通过串口加载到 DDR2 中，然后自动运行。Windows 控制台窗口打印信息如下：

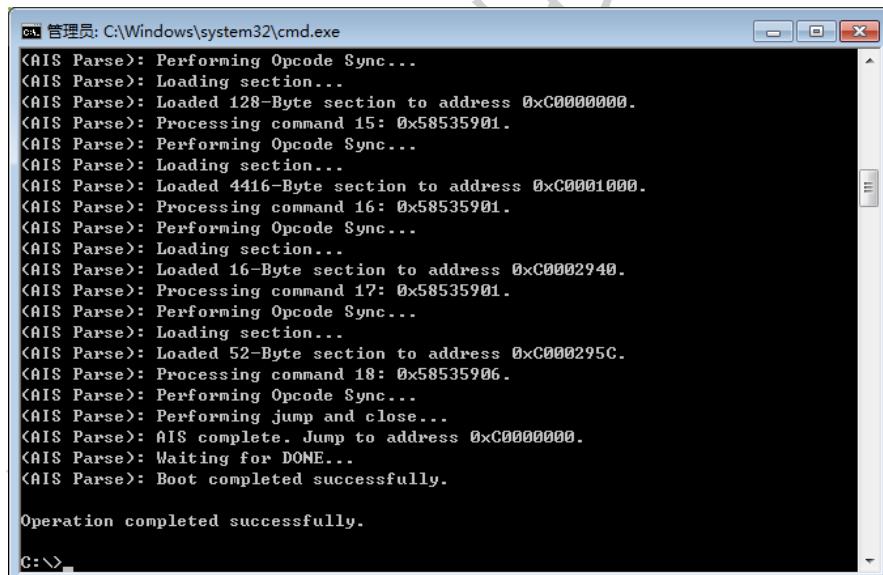


图 29

3.3 基于串口烧写程序到 NAND FLASH

(1) 开发板设置

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

24/140

将开发板的拨码开关 1~5 号对应拨到 00101 (说明见附录, 1 代表 ON, 0 代表 OFF, X 代表任意, 即可以是 0 也可以是 1), 这是 UART2 档位, 然后将开发板上电。

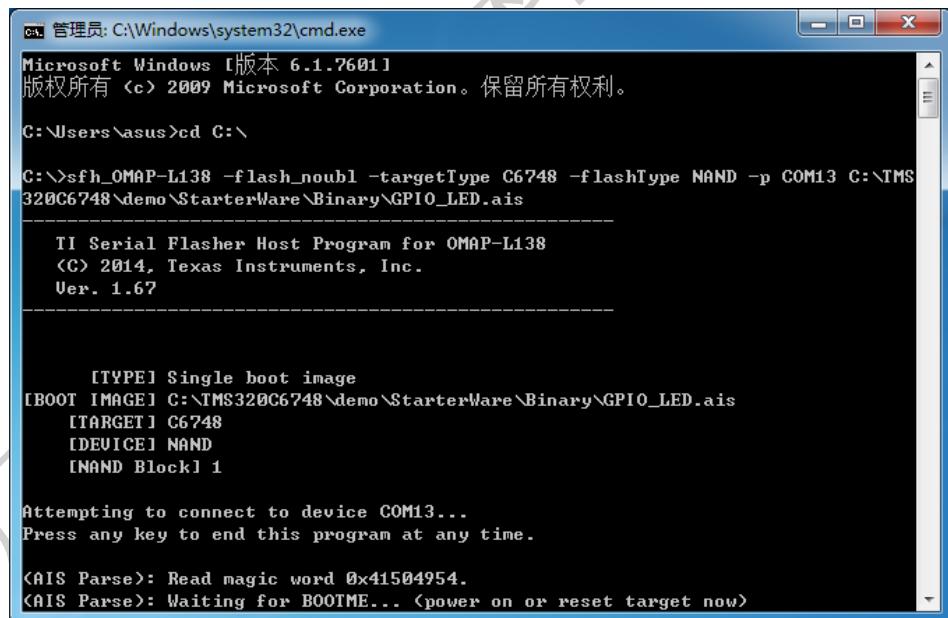
(2) 程序烧写

在光盘"demo\StarterWare\HostApp\tools"目录下找到 sfh_OMAP-L138.exe 软件, 将其拷贝到 C 盘根目录。在 Windows 开始菜单底部输入 cmd 进入控制台窗口, 并执行烧写命令 (注意: COM 口和镜像路径参数需和实际的一致, 镜像路径为上面步骤产生的.bin 格式文件路径), 如下图所示:

备注: 此时调试串口软件需要关闭, 因为调试串口软件会占用串口。

DOS# cd C:

DOS# sfh_OMAP-L138 -flash_noubl -targetType C6748 -flashType NAND -p COM13 C:\TMS320C6748\demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais



```
管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 6.1.7601]
版权所有 © 2009 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\Users\asus>cd C:\
C:\>sfh_OMAP-L138 -flash_noubl -targetType C6748 -flashType NAND -p COM13 C:\TMS320C6748\demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais
TI Serial Flasher Host Program for OMAP-L138
© 2014, Texas Instruments, Inc.
Ver. 1.67

[TYPE] Single boot image
[BOOT IMAGE] C:\TMS320C6748\demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais
[TARGET] C6748
[DEVICE] NAND
[NAND Block1 1

Attempting to connect to device COM13...
Press any key to end this program at any time.

<AIS Parse>: Read magic word 0x41504954.
<AIS Parse>: Waiting for BOOTME... (power on or reset target now)
```

图 30

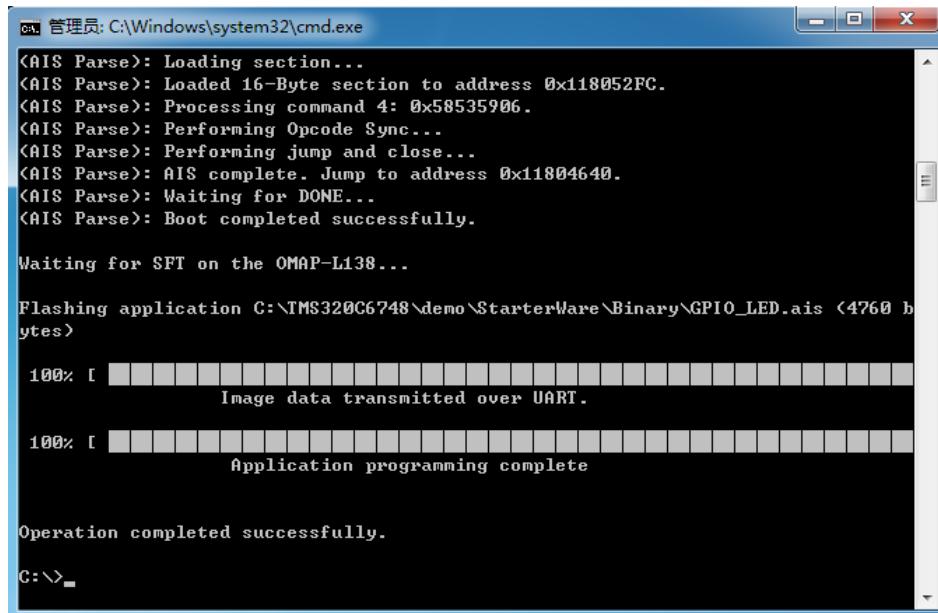
将开发板复位, 程序会通过串口烧写到 NAND FLASH 中。Windows 控制台窗口打印信息如下:

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

25/140



```
管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
<AIS Parse>: Loading section...
<AIS Parse>: Loaded 16-Byte section to address 0x118052FC.
<AIS Parse>: Processing command 4: 0x58535906.
<AIS Parse>: Performing Opcode Sync...
<AIS Parse>: Performing jump and close...
<AIS Parse>: AIS complete. Jump to address 0x11804640.
<AIS Parse>: Waiting for DONE...
<AIS Parse>: Boot completed successfully.

Waiting for SFT on the OMAP-L138...

Flashing application C:\TMS320C6748\demo\StarterWare\Binary\GPIO_LED.ais <4760 bytes>

100% [████████████████████████████████████████████████████████████████████████████████] Image data transmitted over UART.

100% [████████████████████████████████████████████████████████████████████████████████] Application programming complete

Operation completed successfully.

C:\>
```

图 31

将开发板的拨码开关 1~5 号对应拨到 01110，这是 NAND FLASH 启动档位，然后将开发板上电，程序即会正常运行。

在 Windows 控制台输入如下命令可以查看 sfh_OMAP-L138.exe 软件命令的所有用法。

DOS# sfh_OMAP-L138.exe -h

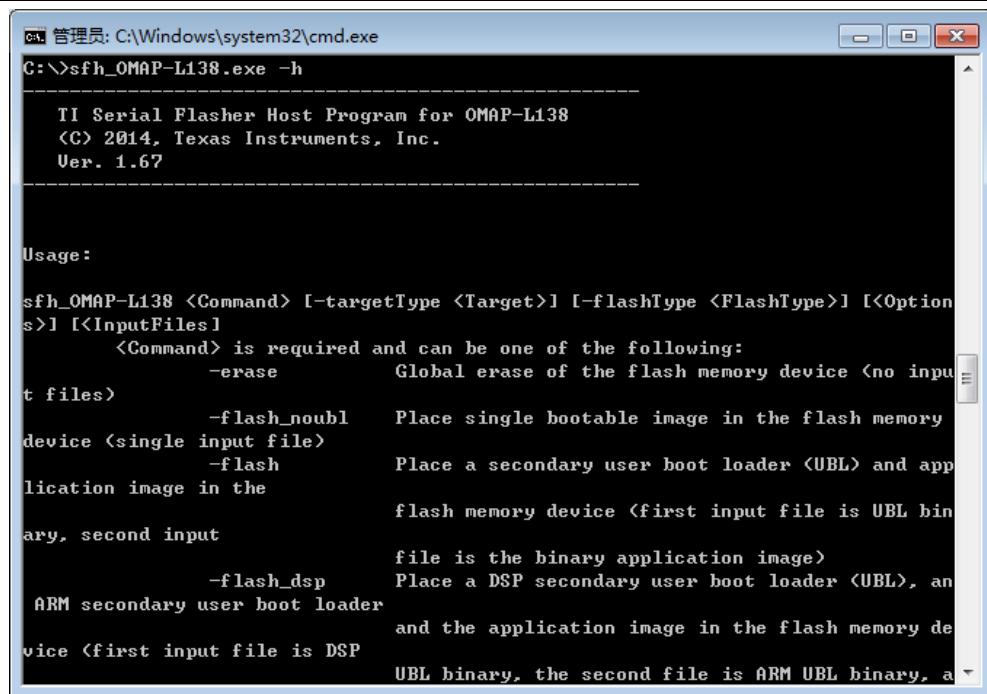


图 32

4 基于 SD 卡运行程序

4.1 SD 启动格式镜像转换方法

(1) 打开 AISgen 软件。弹出如下界面：

备注：如果 AISgen 是安装在默认路径，请双击"C:\AISgen_d800k008_Install_v1.13\AISgen for D800K008\AISgen_d800k008.exe"。

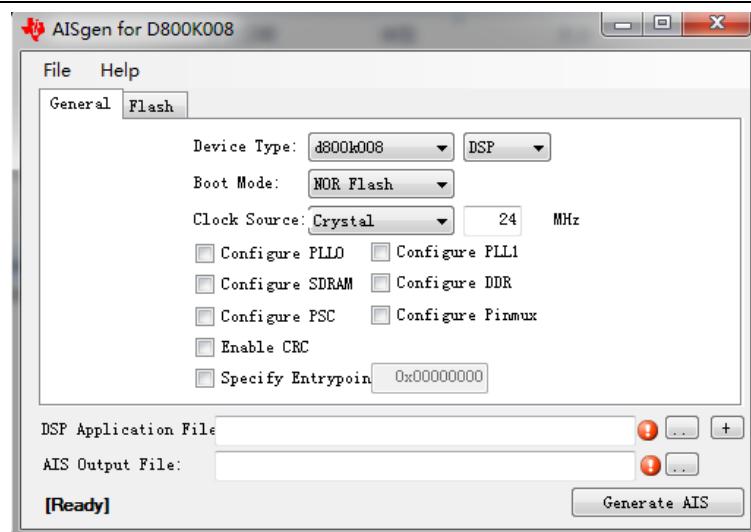


图 33

(2) 点击"File->Load Configuration"，弹出如下界面：

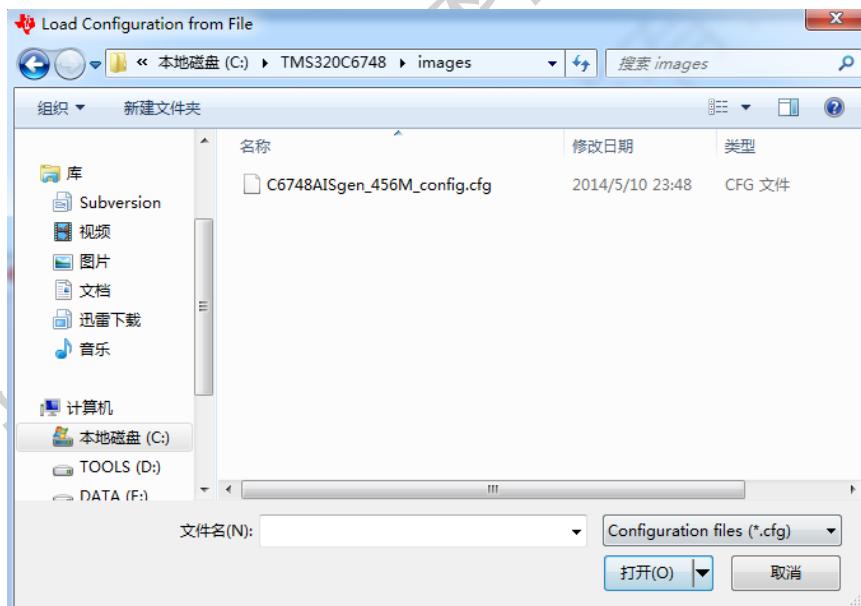


图 34

(3) 选择光盘 images 目录下配置文件 C6748AISgen_456M_config.cfg，在"Device Type"下拉框中选择 CPU 对应的 CPU 版本号，此版本号可根据前面版本号查询操作得到。

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

28/140

在"Boot Mode"下拉框选择"MMC/SD0"。在"DSP Application File"下拉框中选择 out 格式文件所在路径(在光盘"demo\StarterWare\Binary"目录下有很多现成的 out 格式程序镜像), 在"AIS Output File"填写 ais 格式文件输出路径和名字。

最后点击"Generate AIS"按键, 即可生成可烧写到 SD 卡的 ais 格式镜像, 如下图所示:

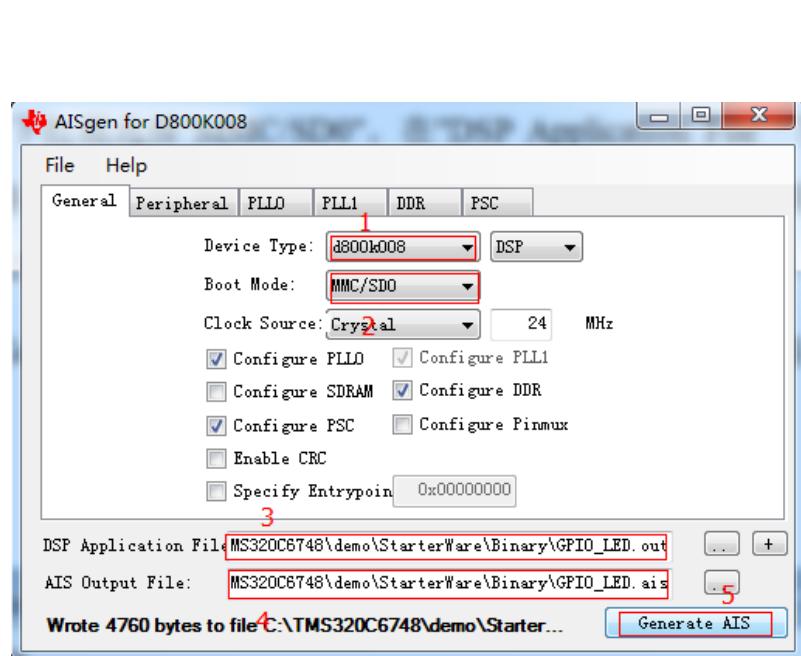


图 35

4.2 将程序烧写到 SD 卡

将 SD 卡插入 PC, 双击光盘"demo\Host_App\BOOTICE\BOOTICEx86.exe", 在弹出的界面中选中插入的 SD 卡, 如下图所示:



图 36

点击“扇区编辑 (S)”，弹出如下界面：

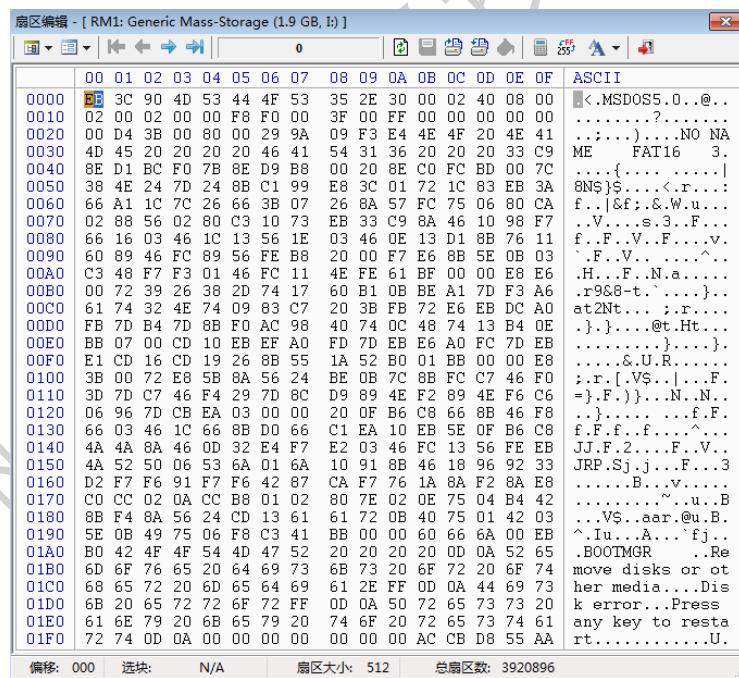


图 37

点击从文件恢复扇区按钮，如下图所示：

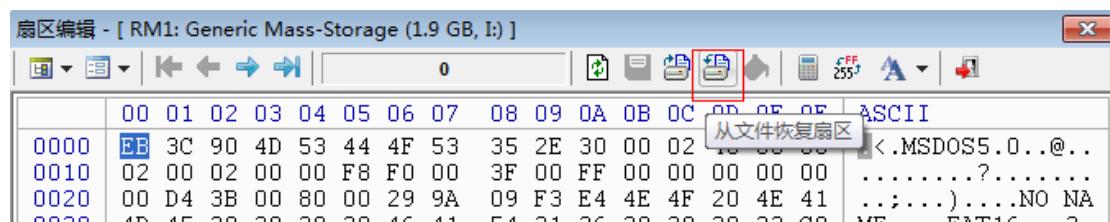


图 38

点击后弹出如下界面：

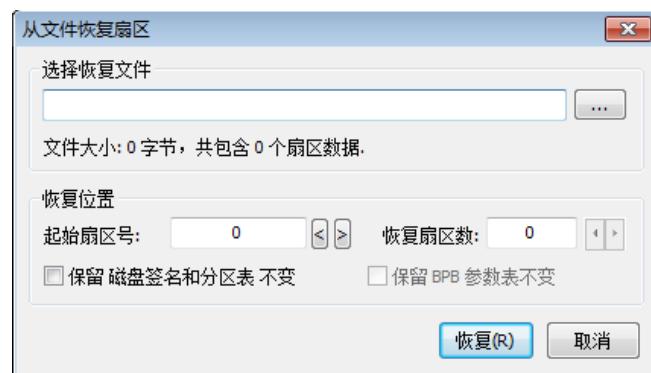


图 39

选中上面转换好的镜像，“起始扇区号：”填 64，“恢复扇区数：”无需更改，使用默认值即可。填好后点击“恢复 (R)”，如下图所示：

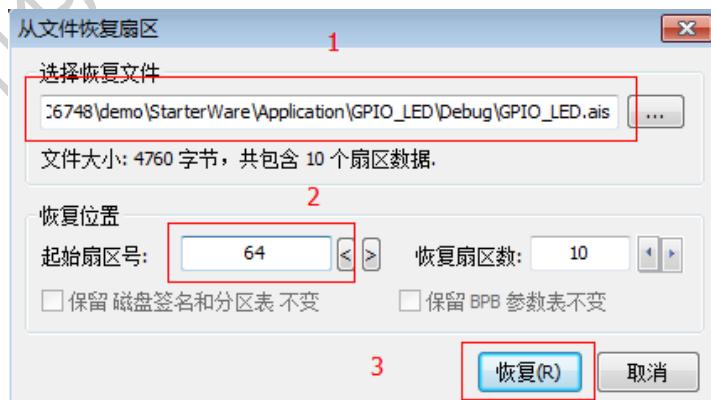


图 40



烧写成功会弹出如下界面：

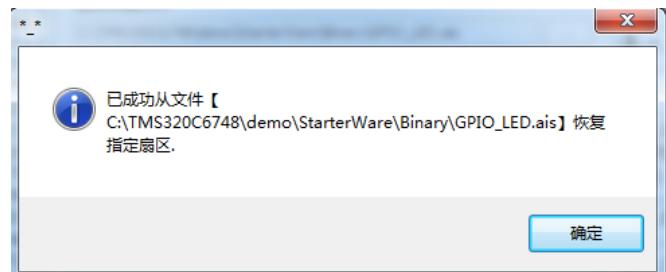


图 41

备注：因为 0~63 扇区为保留扇区、存储分区和文件分配表等内容，所以从 0~63 任意一个扇区开始写入会破坏 SD 卡原有数据。

4.3 SD 卡模式启动开发板

将 SD 卡插入开发板，并将开发板的拨码开关 1~5 号对应拨到 00111，这是 SD 卡启动档位，然后将开发板上电，可以看到程序已正常运行。

5 CCS 工程新建和编译

为了更好的显示中文，请修改 Preferences 中 C++编译器字体大小及控制台字体，点击 CCS 菜单"Windows->Preferences"，如下图所示：

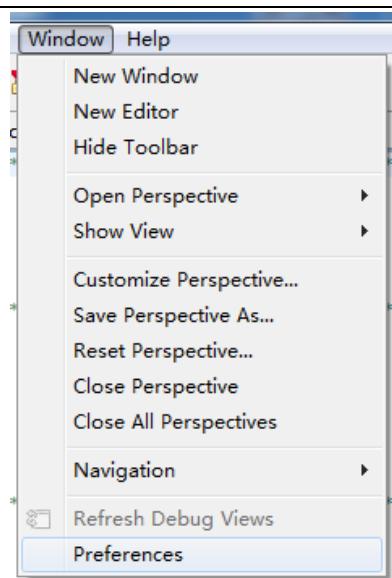


图 42

在弹出的界面中修改 C/C++ Editor Text Font 字体 为 12 号以上，如下图所示：

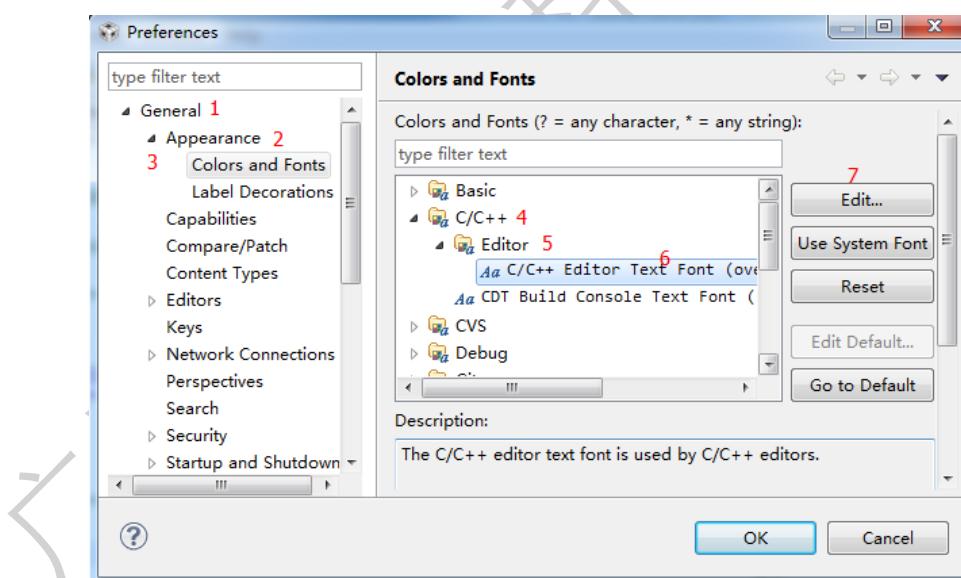


图 43

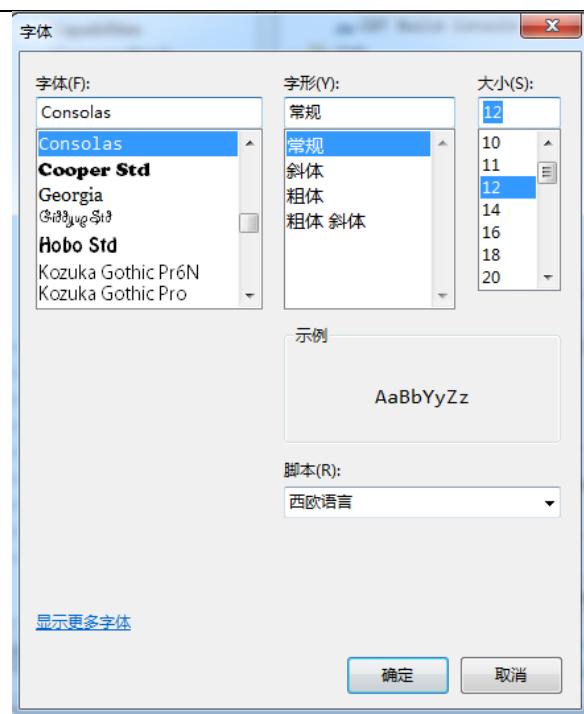


图 44

5.1 新建工程

点击 CCS5 菜单的"File->NEW->Project->Code Composer Studio->CCS Project"，弹出如下界面：

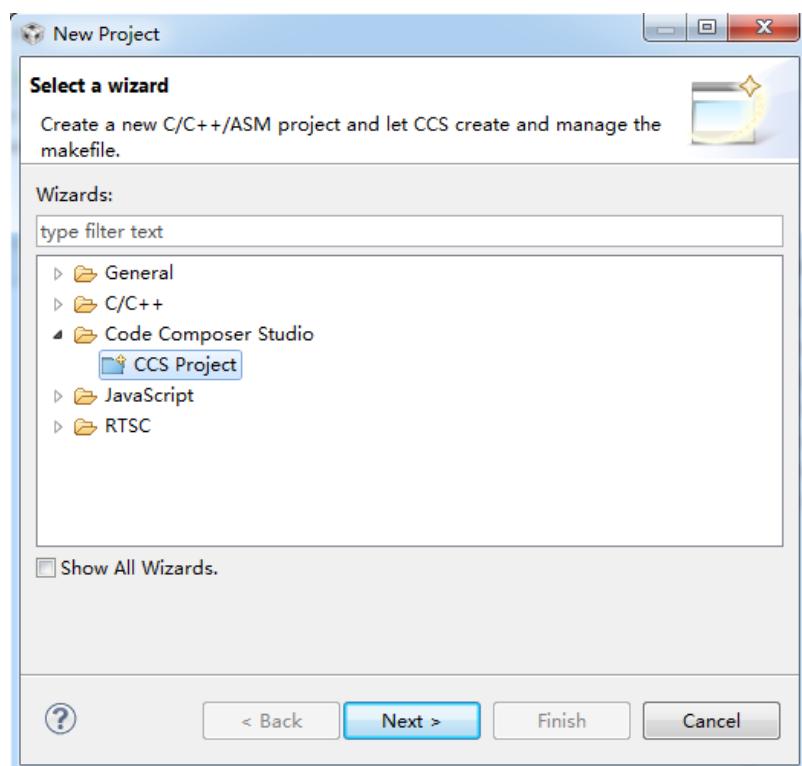


图 45

然后点击 Next，弹出对话框，并修改为如下：

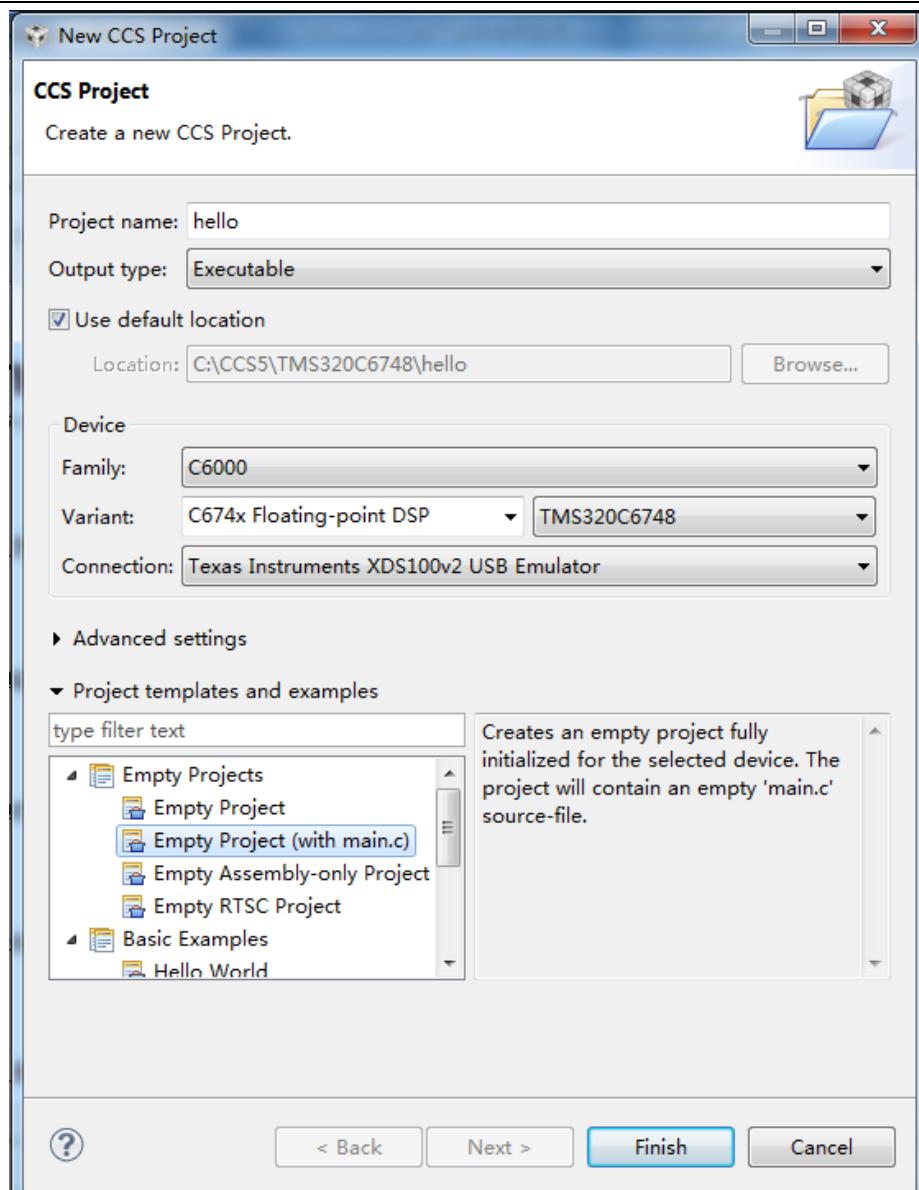


图 46

Project name: hello, CCS 工程名字;

Family: C6000;

Variant: C674x Floating-point DSP->TMS320C6748;

Connection:XDS100v2, 仿真器类型;

在"Empty Projects"下方选择"Empty Project(with main.c)", 点击 Finish 就可以完成工程新建了, 弹出如下界面:

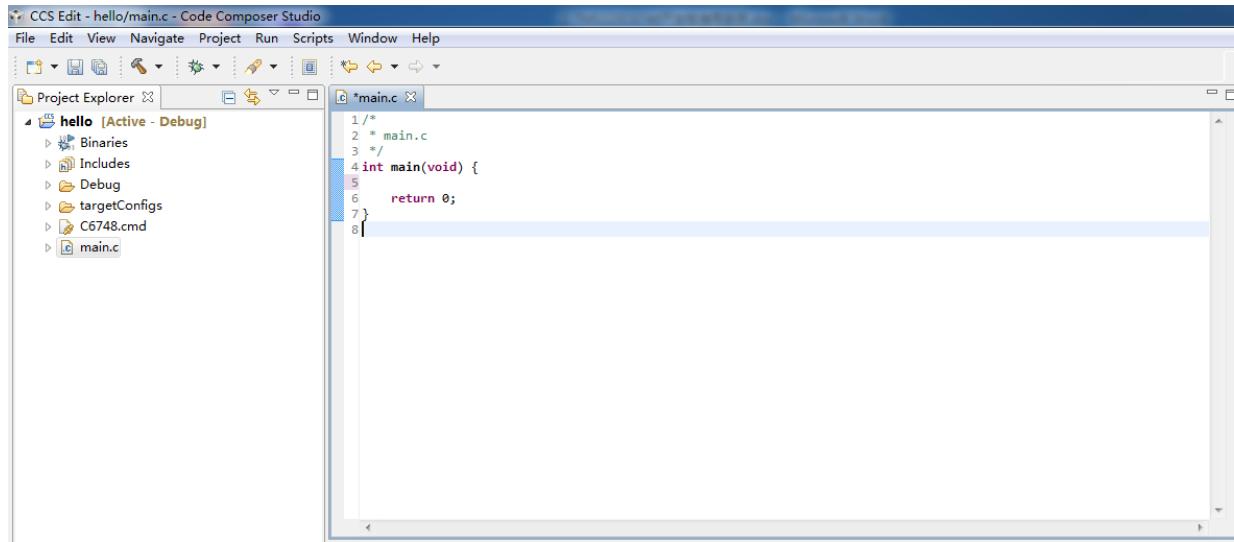


图 47

5.2 编写程序

编辑 main.c 文件，增加用户需要实现的功能代码，例如增加打印信息：

```
#include<stdio.h>

int main(void) {
    printf("*****Enjoy your TL6748-EVM!.....www.tronlong.com*****\n");
    return 0;
}
```

编辑完成后如下图所示：



```
1 /*
2  * main.c
3  */
4 #include<stdio.h>
5 int main(void) {
6     printf("*****Enjoy your TL6748-EVM!.....www.tronlong.com*****\n");
7
8     return 0;
9 }
```

图 48

5.3 编译和运行程序

右击工程，在弹出来的对话框中点击"Build Project"，即可对当前工程编译，如下图：

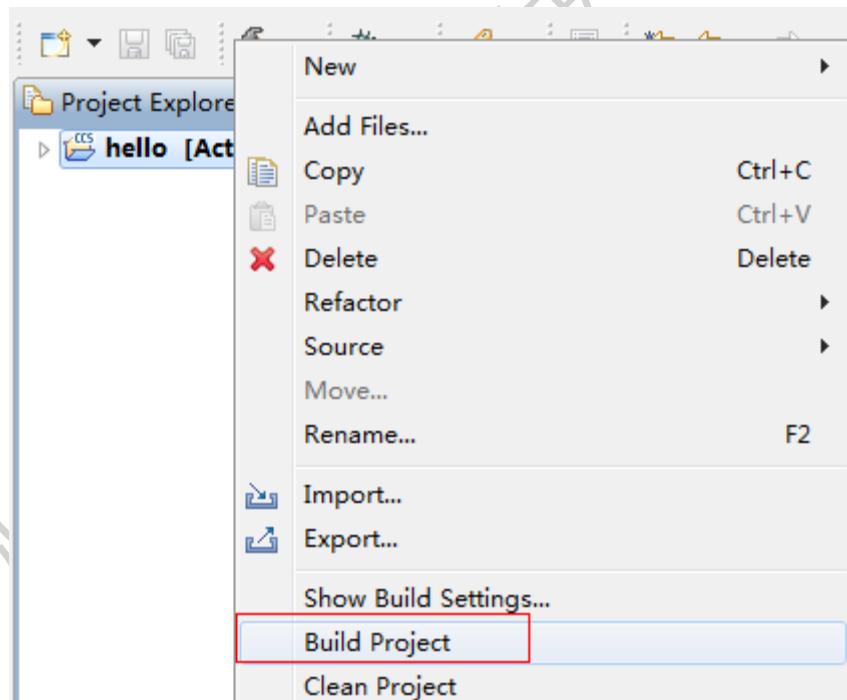


图 49

编译完毕后，可在左侧工程的 Binaries 下看到产生了可执行 hello.out 文件，如下图：

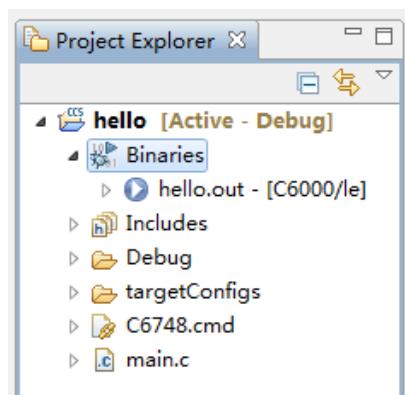


图 50

在程序加载前，先按照前面章节步骤连接开发板并用 GEL 文件初始化 DSP 核，再点击左上角的  load 键，选择要加载的 hello.out 文件。

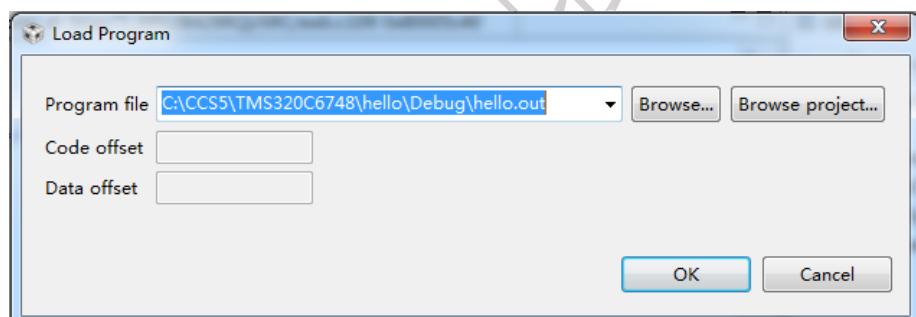


图 51

等待程序加载完成，然后点击  程序运行按钮，可以发现 CCS 的 Console 控制台有程序中指定的信息打印出来，至此最简单的 DSP 裸机程序开发成功。

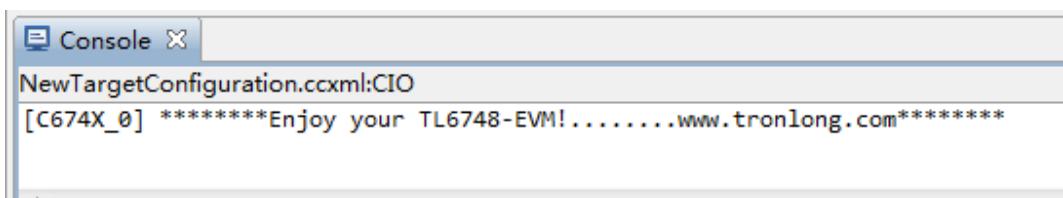


图 52

通过以上步骤，用户可以学习如何新建工程和在 CCS 下运行 DSP 程序了。

6 CCS 工程导入和编译步骤

- (1) 将光盘中 demo 整个目录拷贝到一个非中文目录下。打开 CCS，点击菜单 "File->Import"，弹出以下对话框：

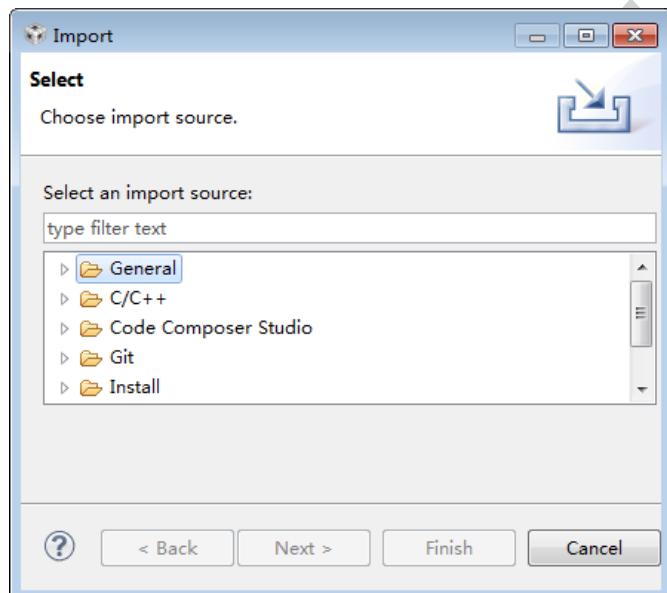


图 53

- (2) 点击"Code Composer Studio->Existing CCS Eclipse Projects"后再点击 Next，如下图所示：

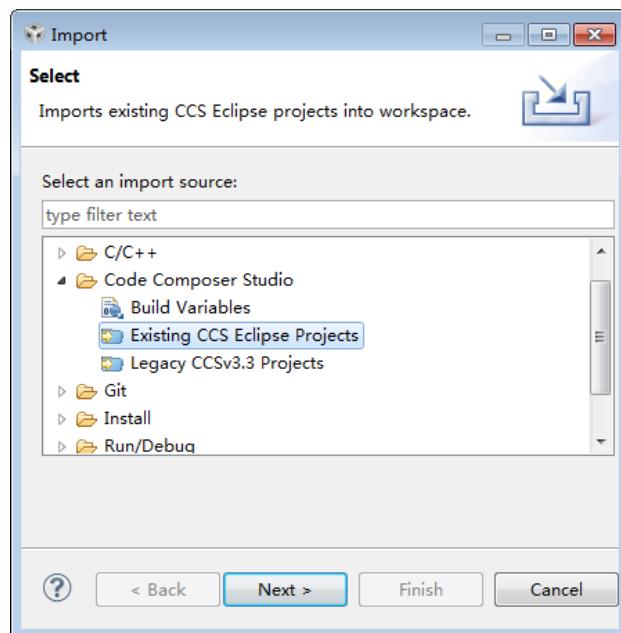


图 54

(3) 在弹出的对话框的"Select search-directory"后面点击 Browse, 选择光盘 demo 目录的存放路径, 选择后如下图所示:

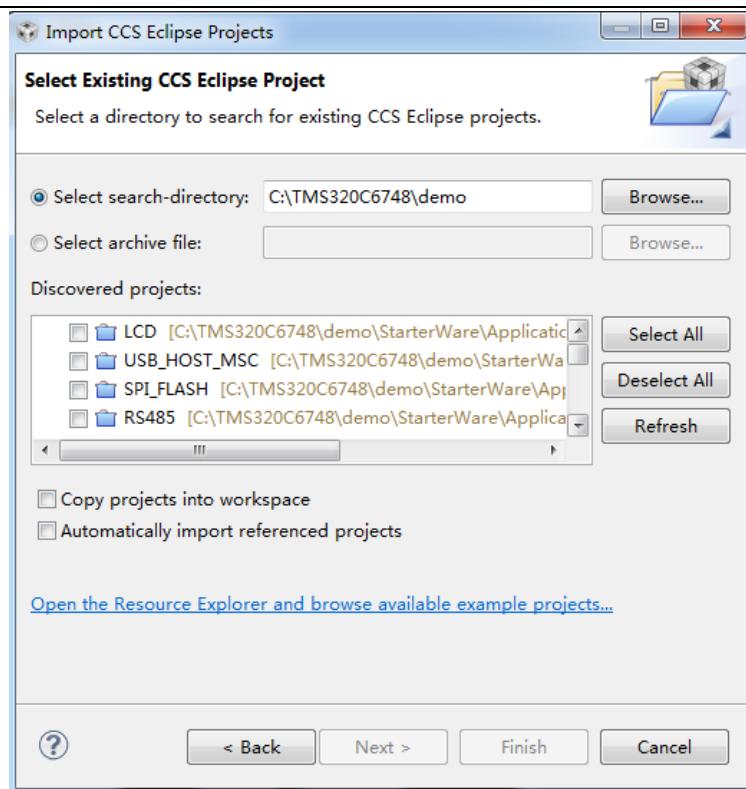


图 55

(4) 点击"Select All",,再点击 Finish 就可以导入现有的所有 CCS 工程,同时会在 CCS 的左边出现如下界面:

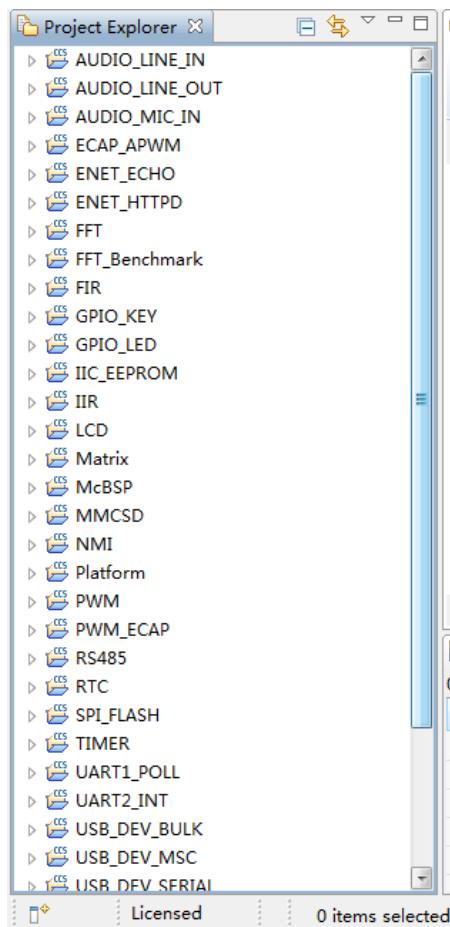


图 56

(5) 然后右击任意一个工程，在弹出来的对话框中点击"Rebuild Project"，即可对当前工程编译，如下图：

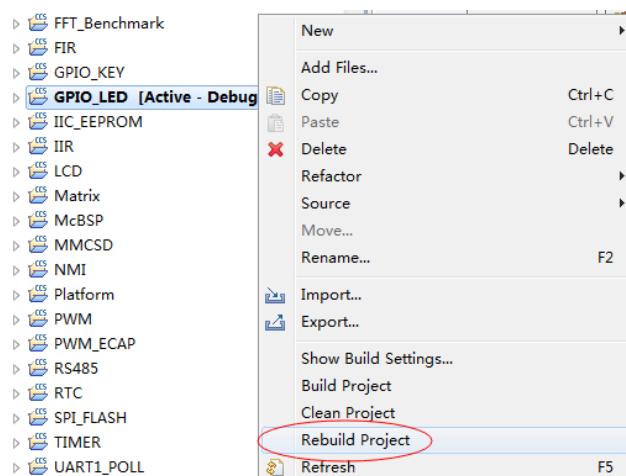


图 57

(6) 编译完毕后，可在左侧工程的 Binaries 下看到产生了可执行 out 文件，如下图：

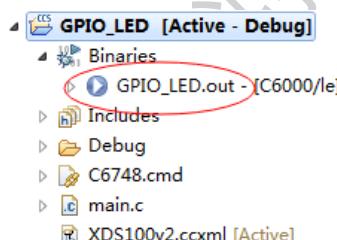


图 58

(7) 开发板上电，点击"Run->Debug"，出现 Debug 界面。

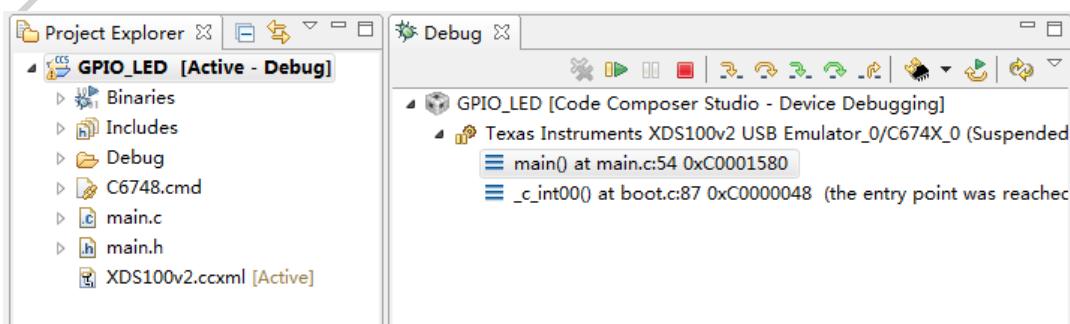


图 59

确保 C6748 核状态为"Suspended"后，点击脚本初始化 CPU，如下图所示：

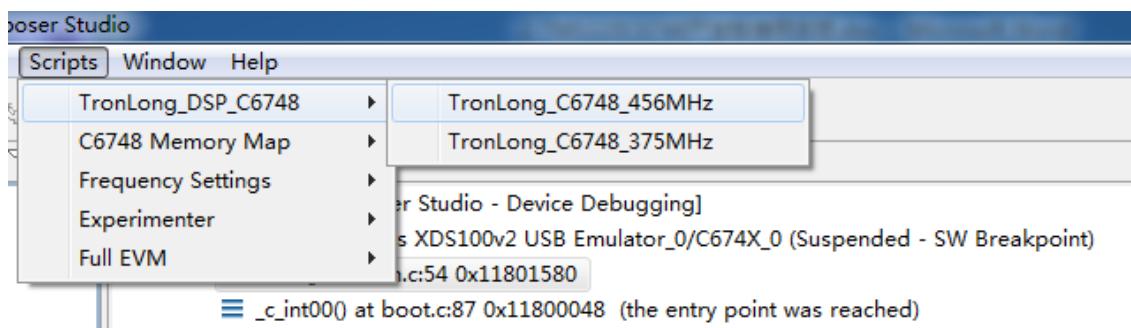


图 60

(8) 再点击左上角的  load 键，选择要加载的 out 格式镜像文件，如下图所示：

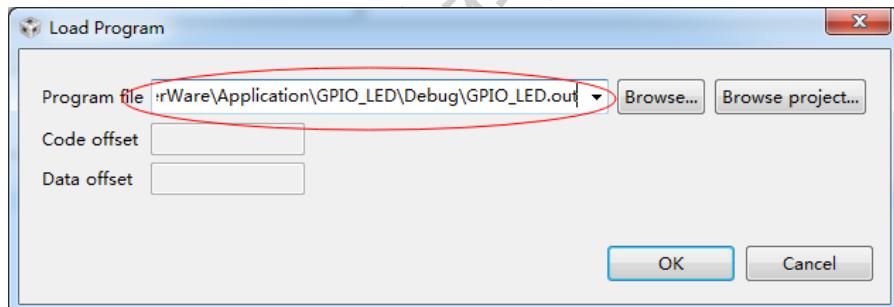


图 61

等待程序加载完成，然后点击  程序运行按钮，可以发现程序已正常运行。点击黄色的暂停键 ，再按 F5 会进去函数里面，按 F6 就单步走。

7 Demo 例程演示

所有工程均位于光盘"\demo\StarterWare\Application"文件夹内。"demo\StarterWare"整

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

45/140



个目录说明如下：

\Application	参考程序源文件及工程文件	
\Binary	\Application 目录中的参考程序编译出来的.out/.ais 文件, 可以直接加载/烧写	
\HostApp	上位机程序	
\Include	C 语言头文件	
	\Include\DSPLib	DSP C674x DSP 函数库函数声明
	\Include\MathLib	DSP C674x 数学函数库函数声明
	\Include\StarterWare	DSP C674x StarterWare 库函数声明
	\Include\StarterWare\Drivers	DSP C674x StarterWare 驱动库函数声明
	\Include\StarterWare\Drivers\c674x	DSP C674x StarterWare 中断、缓存库函数声明
	\Include\StarterWare\Drivers\hw	DSP C674X StarterWare 寄存器定义
	\Include\StarterWare\Grlib	TI 图形库函数声明
	\Include\StarterWare\NandLib	TI Nand Flash 库函数声明
	\Include\StarterWare\UsbLib	TI USB 库函数声明
\Library	库文件 ELF 格式, 要引用这些库工程.out 文件必须选择编译成 ELF 格式	
	\Library\DSPLib	DSP C674x DSP 函数库
	\Library\MathLib	DSP C674x 数学函数库
	\Library\Platform	



	\Library\StarterWare\Drivers	DSP C674x StarterWare 驱动库
	\Library\StarterWare\Grlib	TI 图形库
	\Library\StarterWare\NandLib	TI Nand Flash 库
	\Library\StarterWare\SystemConfig	TI SystemConfig 库（中断及缓存）
	\Library\StarterWare\UsbLib	TI USB 库
	\Library\StarterWare\Utils	辅助工具库（串口终端、命令行、ASCII 处理等）
\TargetConfig	仿真器配置文件，可以复制/创建链接到工程中，也可以在 CCS 指定该路径	
\Tronlong_C6748.gel	用于初始化的 gel 文件脚本，TargetConfig 文件中默认引用该文件	

在安装 StarterWare 后，可在安装目录下找到 C6748 的所有库函数的源码，同时可在安装目录 docs 文件夹内找到所有库函数的使用方法。

7.1 GPIO_LED——GPIO 输出（LED 灯）

此程序的作用是实现 GPIO 输出功能。按照工程导入步骤加载 GPIO_LED.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 底板 LED 循环点亮。

7.2 GPIO_KEY——GPIO 输入（按键中断）

此程序的作用是实现 GPIO 输入功能。按照工程导入步骤加载 GPIO_KEY.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

47/140



演示现象

- (1) 按下 SW6 按键将标志 Flag 置 1 , 核心板 LED 开始循环点亮。
- (2) 按下 SW5 按键将标志 Flag 置 0 , 核心板 LED 停止循环点亮。

7.3 TIMER——定时器

此程序的作用是实现定时器功能, 此处使用的是定时器 2。DSP C6748 有 4 个定时器/计数器, 均可配置为 64 位计数器、两个独立 32 位计数器及自动重装 32 位计数器, 可以产生周期中断 DMA 事件及外部事件。定时器/计数器还可以用于捕获外部输入信号边缘并计数。此外, 定时器 1 还可以用作 64 位看门狗计数器。

按照工程导入步骤加载 TIMER.out 文件, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

- (1) 核心板 LED 间隔 1 秒循环点亮。

时钟为 PLL0_SYSCLK2=CPU 频率/2=456MHz/2=228MHz, 所以时间间隔:
 $T=\text{计数周期} * (1/\text{PLL0_SYSCLK2}) = 0x0D970100/228000000s = 1s$
0x0D970100 是程序中设定的计数周期。

7.4 UART0_INT——UART0 串口中断收发

此程序的作用是实现串口 0 中断方式数据收发功能, 由于使用 TL6748-EVM 测试 UART0 不方便, 因此此处使用 TL6748-EasyEVM 演示。

按照工程导入步骤加载 UART0_INT.out 文件, 将开发板的 UART0 和 PC 机连接, 打开串口调试终端, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

- (1) 串口调试终端会打印提示信息, 如下图所示:

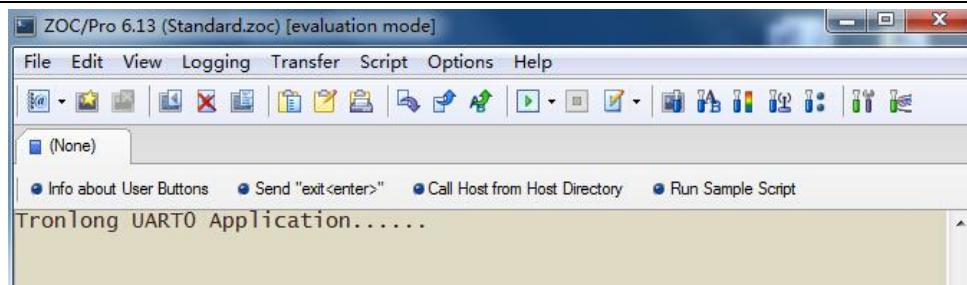


图 62

- (2) 使用键盘输入任意字符, CPU 会将接收到的字符回显到串口调试终端, 如下图所示:

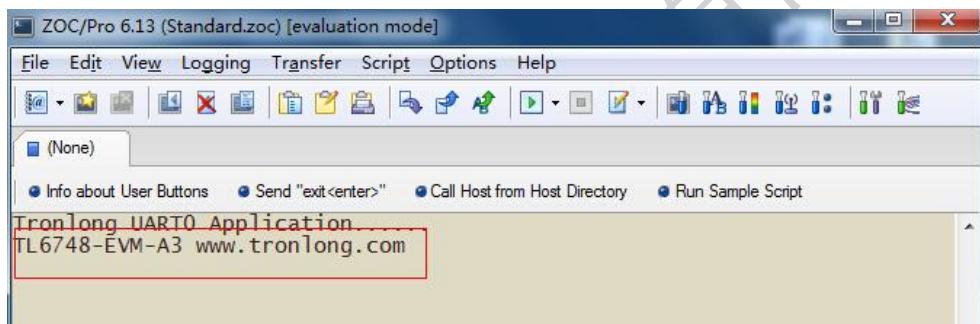


图 63

7.5 UART1_POLL——UART1 串口查询收发

此程序的作用是实现串口 1 查询方式数据收发功能。

按照工程导入步骤加载 UART1_POLL.out 文件, 将开发板的 UART1 和 PC 机连接, 打开串口调试终端, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

- (1) 串口调试终端会打印提示信息, 如下图所示:

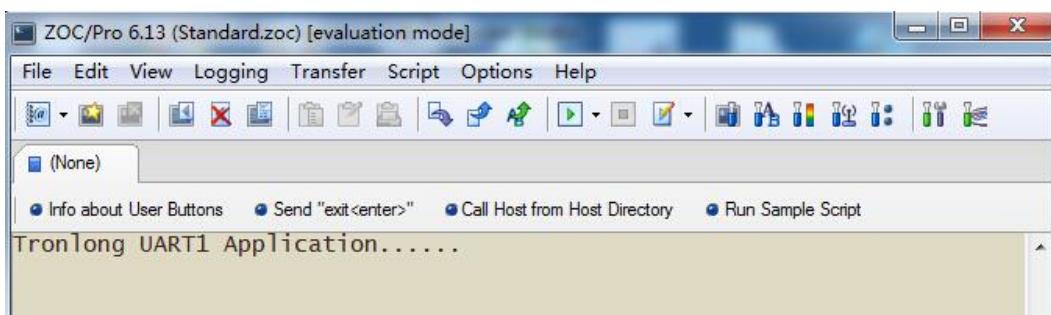


图 64

(2) 使用键盘输入任意字符, CPU 会将接收到的字符回显到串口调试终端, 如下图所示:

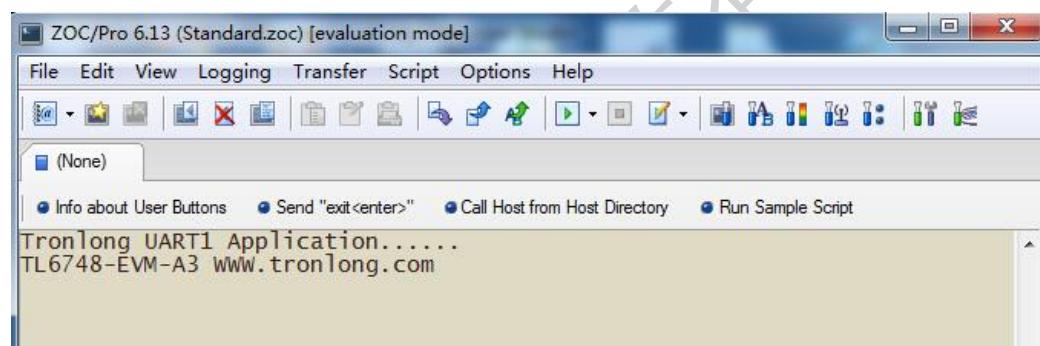


图 65

7.6 UART2_INT——UART2 串口中断收发

此程序的作用是实现串口 2 中断方式数据收发功能。

按照工程导入步骤加载 UART2_INT.out 文件, 将开发板的 UART2 和 PC 机连接, 打开串口调试终端, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(3) 串口调试终端会打印提示信息, 如下图所示:

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

50/140

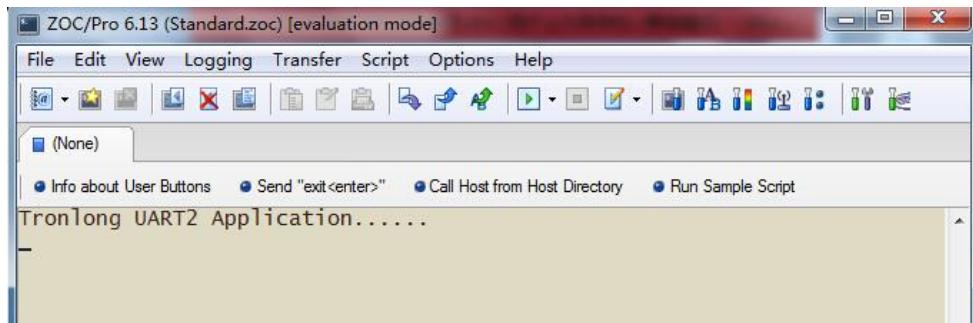


图 66

- (4) 使用键盘输入任意字符, CPU 会将接收到的字符回显到串口调试终端, 如下图所示:



图 67

7.7 RS485——RS485 串口查询收发

此程序的作用是实现 RS485 串口查询方式数据收发功能, 此处 RS485 和 UART1 复用。

按照工程导入步骤加载 RS485.out 文件, 硬件连接方法:

- (1) 通过 USB 转串口线和 RS232-RS485 转接头将开发板的 RS485 串口和 PC 机连接;
- (2) 底板 RS485 接口的 A 接 RS232-RS485 转接头的"+";
- (3) 底板 RS485 接口的 B 接 RS232-RS485 转接头的"-";

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

51/140

- (4) 底板 RS485 接口的 GND 接 RS232-RS485 转接头的 GND;
- (5) RS232-RS485 转接头的接上 5V 电源, 可使用开发板上 J3 连接器上的 1 脚;
打开串口调试终端, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

- (1) 串口调试终端会打印提示信息, 如下图所示:

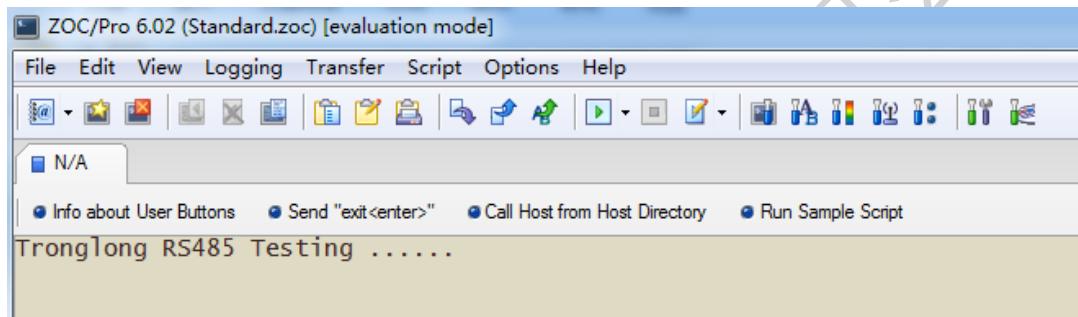


图 68

- (2) 使用键盘输入任意字符, CPU 会将接收到的字符回显到串口调试终端, 如下图所示:

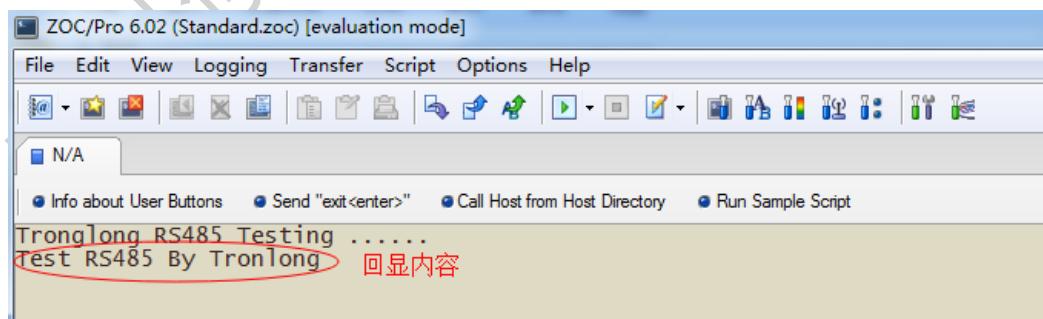


图 69

7.8 IIC_EEPROM——IIC EEPROM 读写

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

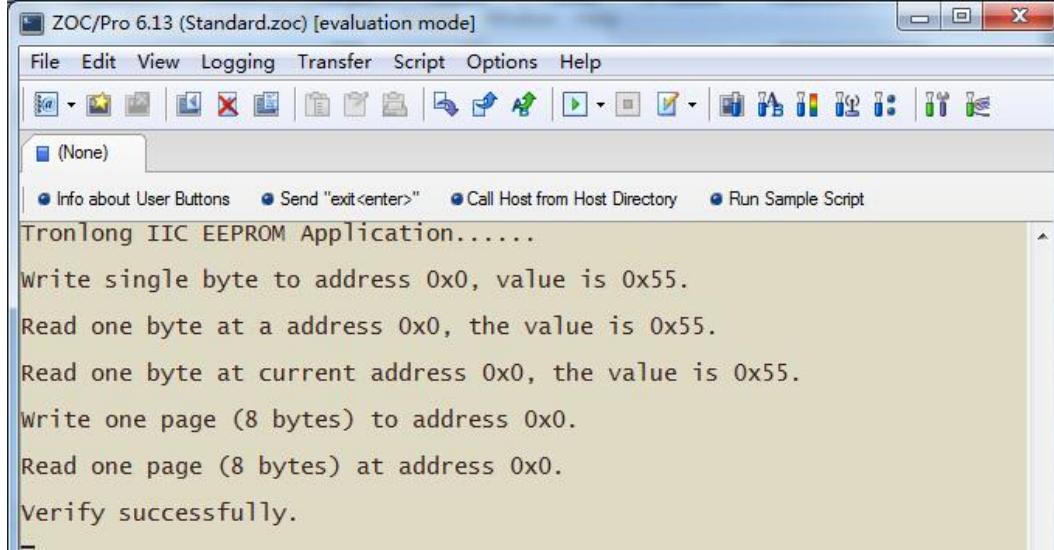
52/140

此程序的作用是实现 IIC EEPROM 设备的数据读写功能，地址是 0x50（高 7 位）。

按照工程导入步骤加载 IIC_EEPROM.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下信息：



ZOC/Pro 6.13 (Standard.zoc) [evaluation mode]
File Edit View Logging Transfer Script Options Help
(None)
Info about User Buttons Send "exit<enter>" Call Host from Host Directory Run Sample Script
Tronlong IIC EEPROM Application.....
Write single byte to address 0x0, value is 0x55.
Read one byte at address 0x0, the value is 0x55.
Read one byte at current address 0x0, the value is 0x55.
Write one page (8 bytes) to address 0x0.
Read one page (8 bytes) at address 0x0.
Verify successfully.

图 70

此程序先写入并读出一个字节数据，然后写入并读出一页数据，接着对比写入和读出的数据，根据结果判断 IIC EEPROM 设备读写是否成功。

7.9 SPI_FLASH——SPI FLASH 读写

此程序的作用是实现 SPI FLASH 设备的数据读写功能，此设备使用 SPI1 总线 CS0 片选。

按照工程导入步骤加载 SPI_FLASH.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控

制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下信息：

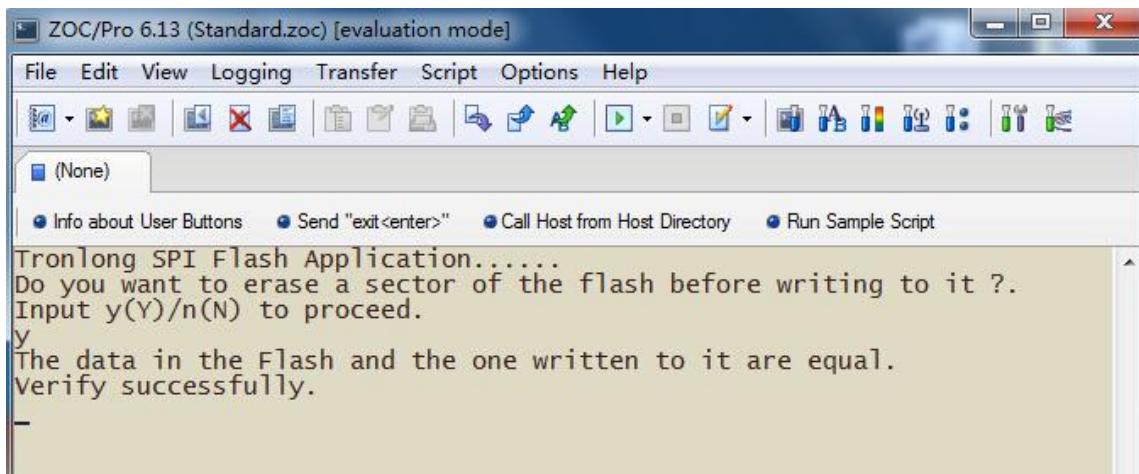


图 71

此程序先提示是否擦除 SPI FLASH，输入 y 擦除 SPI FLASH 上的数据，然后对比写入和读出的数据，根据结果判断 SPI FLASH 设备读写是否成功。

7.10 WatchDog——看门狗

此程序的作用是实现看门狗功能，使用定时器 1。用于在程序运行过程中出现错误或陷入死循环等异常情况下复位程序。此程序设定看门狗超时时间为 5s。程序运行后在 5s 内输入任意字符，程序会持续运行，否则系统将复位。

按照工程导入步骤加载 WatchDog.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印提示信息，若在 5s 内无任何信息输入将复位系统。由于在

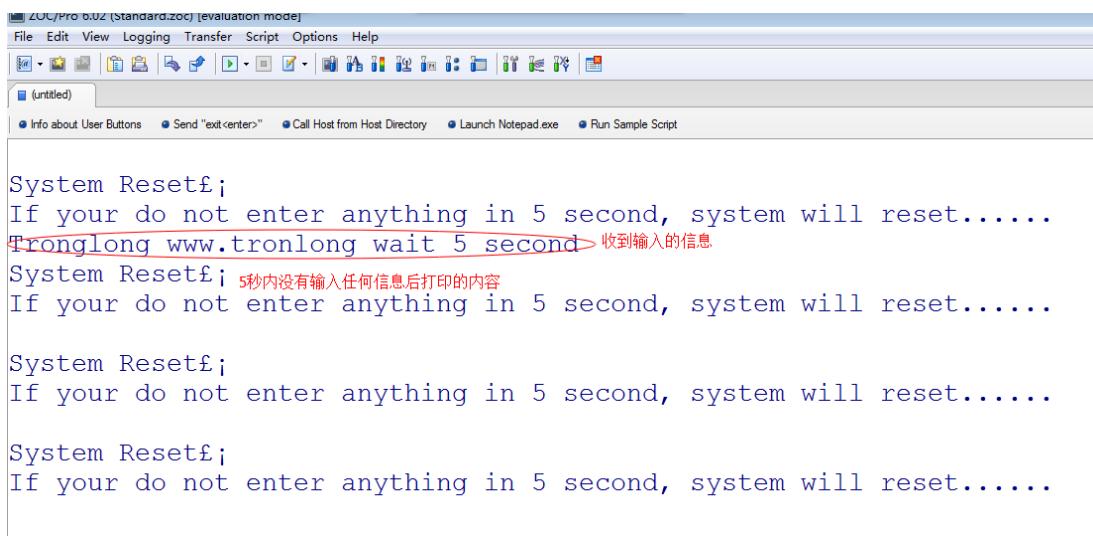
销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

54/140

仿真加载模式下，复位后程序不会自动运行，故只会打印一次信息。若将程序烧写到NAND FLASH后，并在NAND FLASH档位启动系统，系统复位后程序会再次运行，将会持续打印提示信息，如下图所示：



```
System Resetf;  
If your do not enter anything in 5 second, system will reset.....  
Tronglong www.tronlong wait 5 second 收到输入的信息  
System Resetf; 5秒内没有输入任何信息后打印的内容  
If your do not enter anything in 5 second, system will reset.....  
  
System Resetf;  
If your do not enter anything in 5 second, system will reset.....  
  
System Resetf;  
If your do not enter anything in 5 second, system will reset.....
```

图 72

定时器1时钟来源于PLL旁路时钟，即晶体振荡器时钟24MHz，所以看门狗时间间隔：
 $T = \text{计数周期} * (1/24\text{MHz}) = 0x07270E00/24000000\text{s} = 5\text{s}$

0x07270E00 是程序中设定的计数周期。

7.11 NMI——不可屏蔽中断

此程序的作用是实现不可屏蔽中断功能。NMI (Non Maskable Interrupt)——不可屏蔽中断(即 CPU 不能屏蔽)，无论状态寄存器中 IF 位的状态如何，CPU 收到有效的 NMI 必须进行响应。

按照工程导入步骤加载 NMI.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 每按一下不可屏蔽中断按键 (SW4)，CPU 就响应 NMI 去将核心板的 LED 轮流

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

55/140

点亮。

7.12 PWM——高精度脉冲宽度调制器 PWM 输出

此程序的作用是实现 eHRPWM（高精度脉冲宽度调制器）输出功能。TMS320C6748 共有两个 eHRPWM 模块，此处测试模块 1 的 EPWM1_A 引脚。由于使用 TL6748-EVM 测试 eHRPWM 不方便，因此使用 TL6748-EasyEVM 演示。

按照工程导入步骤加载 PWM.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

用示波器探头测 TL6748-EasyEVM 底板上的 J2 排针第 7 引脚（EPWM1_A），示波器的地接在 SD 卡卡座上（地），如下图所示：

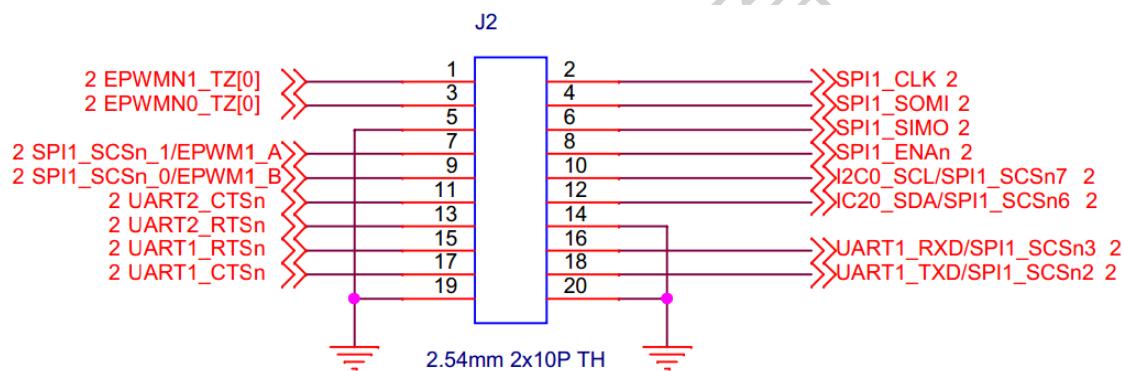


图 73

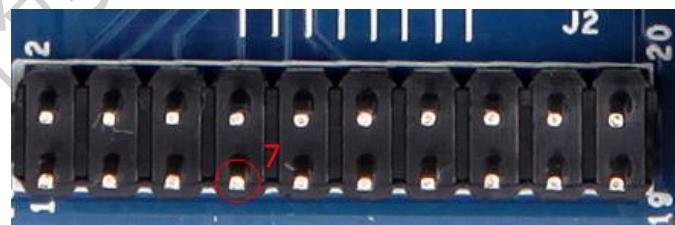


图 74

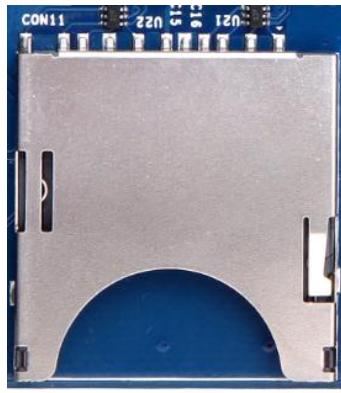


图 75

可在示波器上看到看到频率为 10kHz、占空比为 50% 的方波，如下图所示：

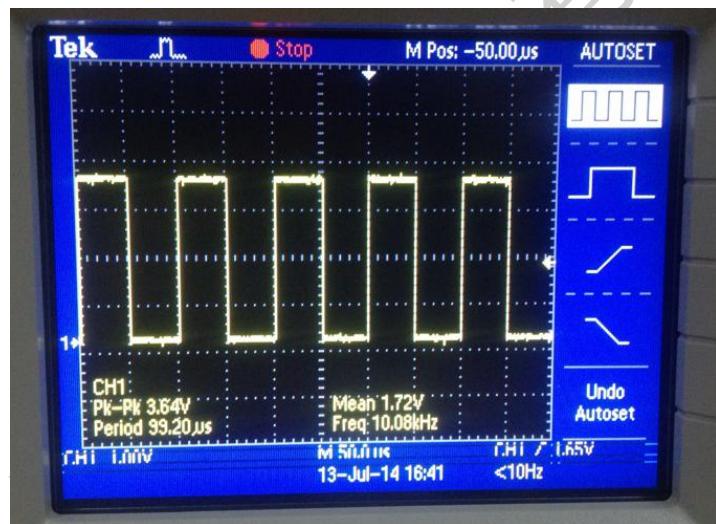


图 76

可以通过修改程序中的函数 PWM1ABasic(10000,50)的参数，对 PWM 波输出的频率和占空比进行修改，"10000"代表频率 10KHz，"50"代表占空比 50%。也可以取消对 ChopperWaveform()的注释，在 EPWM1_A 管脚获得更高频率的斩波输出。

7.13 ECAP_APWM——增强型捕获模块 ECAP 辅助输出

此程序的作用是实现 eCAP (增强型捕获模块) 的 APWM (辅助脉冲宽度调制器) 输出功能。由于使用 TL6748-EVM 测试 eCAP 不方便，因此使用 TL6748-EasyEVM 演示。

销售邮箱：sales@tronlong.com 技术邮箱：support@tronlong.com DSP 论坛：www.51dsp.net

公司总机：020-8998-6280

公司官网：www.tronlong.com

57/140

TMS320C6748 共有三个 eCAP 模块，此处测试模块 3 的 ECAP2_APWM2 引脚。可在核心板引脚说明表中看到 ECAP2_APWM2 和 EPWMN0_TZ[0]引脚功能复用，如下图所示：

引脚号	引脚名称	复用引脚名称	ID	类型	备注
2	SPI1_CLK	GPIO2[13]		I/O	
4	SPI1_SOMI	GPIO2[11]		I/O	
6	SPI1_SIMO	GPIO2[10]		I/O	
8	SPI1_ENAn	GPIO2[12]		I/O	
10	I2C0_SCL	SPI1_SCSn_7/Timer64P2_OUT12/GPIO1[5]	I2C0	I/O	
12	I2C0_SDA	SPI1_SCSn_6/Timer64P3_OUT12/GPIO1[4]	I2C0	I/O	
14	UART2_RXD	SPI1_SCSn_5/I2C1_SCL/GPIO1[3]	UART2	I/O	
16	UART2_TXD	SPI1_SCSn_4/I2C1_SDA/GPIO1[2]	UART2	I/O	
18	UART1_RXD	SPI1_SCSn_3/SATA_LED/GPIO1[1]	UART1	I/O	
20	UART1_TXD	SPI1_SCSn_2/SATA_CP_POD/GPIO1[0]	UART1	I/O	
22	SPI1_SCSn_1	EPWM1_A/GPIO2[15]/Timer64P2_IN12/PRU0_R30[8]	SPI1	I/O	
24	SPI1_SCSn_0	EPWM1_B/GPIO2[14]/Timer64P3_IN12/PRU0_R30[7]	SPI1	I/O	
26	UART2_CTSn	RTC_ALARM/GPIO0[8]/DEEPSLEEP	UART2	I	
28	UART2_RTSn	AMUTE/GPIO0[9]/PRU0_R30[16]/PRU0_R31[16]	UART2	0	
30	EPWMN1_TZ[0]	AXR7/GPIO1[15]/PRU0_R30[17]/PRU0_R31[17]	eHRPWM1	I	eHRPWM0
32	EPWMN0_TZ[0]	AXR15/ECAP2_APWM2/GPIO0[7]	eHRPWM0	I	eHRPWM0
34	McASP_AFSX	GPIO0[12]/PRU0_R31[19]	McASP	I/O	
36	McASP_AFSR	GPIO0[13]/PRU0_R31[20]	McASP	I/O	
38	McASP_CLKX	GPIO0[14]/PRU0_R30[19]/PRU0_R31[21]	McASP	I/O	
40	McASP_CLKR	GPIO0[15]/PRU0_R30[20]/PRU0_R31[22]	McASP	I/O	
42	McASP_ANCLKR	UART1_RTSn/GPIO0[11]/PRU0_R30[18]/PRU0_R31[18]	McASP	I/O	
44	McASP_ANCLKX	UART1_CTSn/USB_REFCLKIN/GPIO0[10]/PRU0_R31[17]	McASP	I/O	
46	GND	/	GND	GND	
48	USB1_DM	/	A	USB1	
50	USB1_DP	/	A	USB1	

图 77

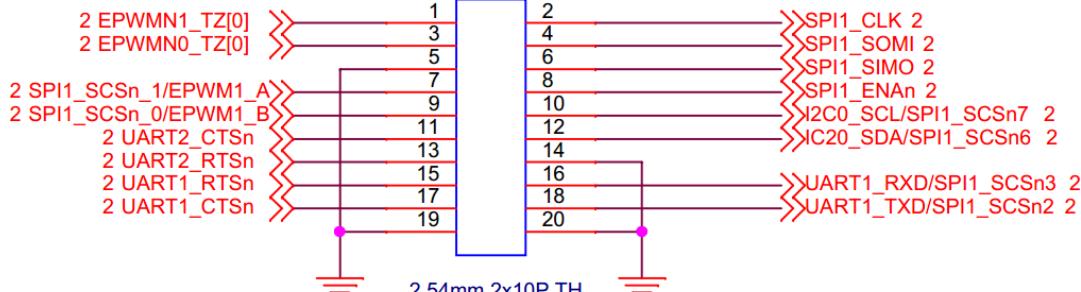


图 78

按照工程导入步骤加载 ECAP_APWM.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

用示波器探头测 TL6748-EasyEVM 底板上的 J2 排针第 3 引脚 (ECAP2_APWM2) , 示波器的地接在 SD 卡卡座上 (地) , 可以在示波器上看到看到周期 10KHz、占空比为 50% 的方波，如下图所示：

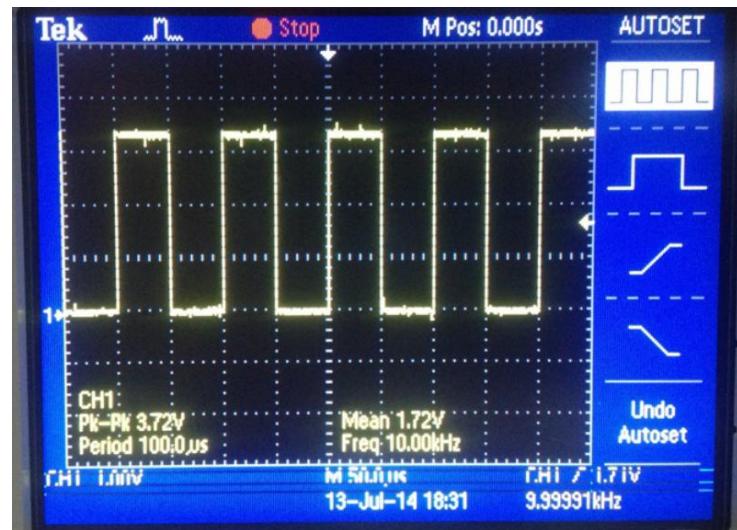


图 79

通过修改 Period 和 DutyCycle 来改变频率和占空比。Period 是比较器的数值, DutyCycle 是占空比。宏定义代码如下:

```
#define Period 22800 //周期计数
#define DutyCycle 0.5 //占空比
```

以下为 eCAP 输出频率计算公式:

- (1) eCAP 模块频率=CPU 频率/2=456MHz/2=228MHz
- (2) eCAP 周期=Period* (1/eCAP 模块频率) =22800/(228MHz)
- (3) eCAP 输出频率=1/eCAP 周期=228MHz/22800=10KHz

可在程序中取消对 "#define SELECT_LED" 注释, 重新编译和加载程序, 测试 GPIO0_0 引脚 (和 ECAP1_APWM1 引脚复用), 该引脚和底板 LED D7 灯为同一引脚, 可以实现通过 APWM 调节底板 LED D7 的亮灭 (注意: APWM 波的输出频率不能设置太高, 否则看不到 LED 的变化)。

7.14 PWM_ECAP——增强型捕获模块 ECAP 捕获

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

59/140

此程序的作用是实现 eCAP (增强型捕获模块) 输入捕获功能, 将 ECAP2_APWM2 设置为输入捕获模式, 检测由 EPWM1_A 管脚输出的方波频率。由于使用 TL6748-EVM 测试不方便, 因此使用 TL6748-EasyEVM 演示。

将 TL6748-EasyEVM 底板上 J2 排针的第 3 和第 7 管脚短接, 即将 EPWMN0_TZ[0] (ECAP2_APWM2 和 EPWMN0_TZ[0]引脚功能复用)和 EPWM1_A 短接, 如下图所示:

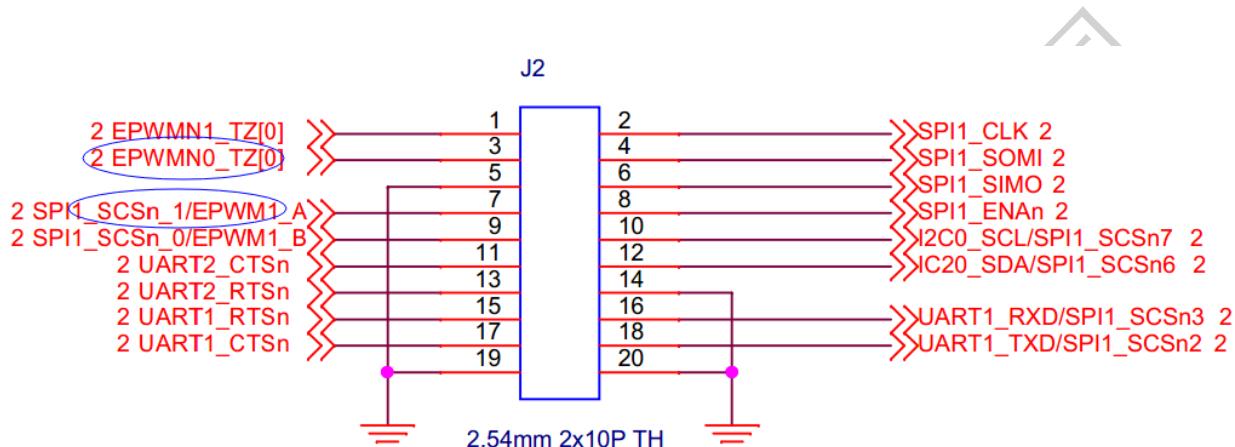


图 80

按照工程导入步骤加载 PWM_ECAP.out 文件, 将开发板的 UART2 和 PC 机连接, 打开串口调试软件, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会分别打印 PWM 和 eCAP 产生和捕获到的相关参数, 单位是 Hz, 如下图所示。



```
C6748 PWM Test
--- PWM_clk = 25000 ,PWM_duty_ratio = 50 ---
C6748 PWM Test Over!
-----
C6748 ECAP Test
Initialize ECAP.....
ECAPRead:frequency = 24828
C6748 ECAP Test Over!
```

图 81

可以通过修改函数 PWM1ABasic(25000,50)的频率值，重新验证程序。其中"25000"是 PWM 输出信号频率，"50"是 PWM 输出信号占空比。

PWM 模块输出频率有些偏差，但 ECAP 模块捕获到的 PWM 实际频率较为准确。以下是 PWM 理论输出频率和实际输出频率的对比：

PWM波理论频率	PWM波实际频率
1000Hz	1016Hz
10000Hz	10079Hz
12500Hz	12567Hz
25000Hz	24830Hz
50000Hz	48460Hz
100000Hz	92500kHz

图 82

7.15 RTC——RTC 时钟

此程序的作用是实现 RTC 计时功能

按照工程导入步骤加载 RTC.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

61/140

(1) 串口调试终端会打印如下信息，请依次设定小时、分钟、秒、日、月、年，程序会按照设定时间开始计时，并将实时时间打印出来。以此时间为例：17 点 23 分 00 秒，2014 年 6 月 7 日，星期六。

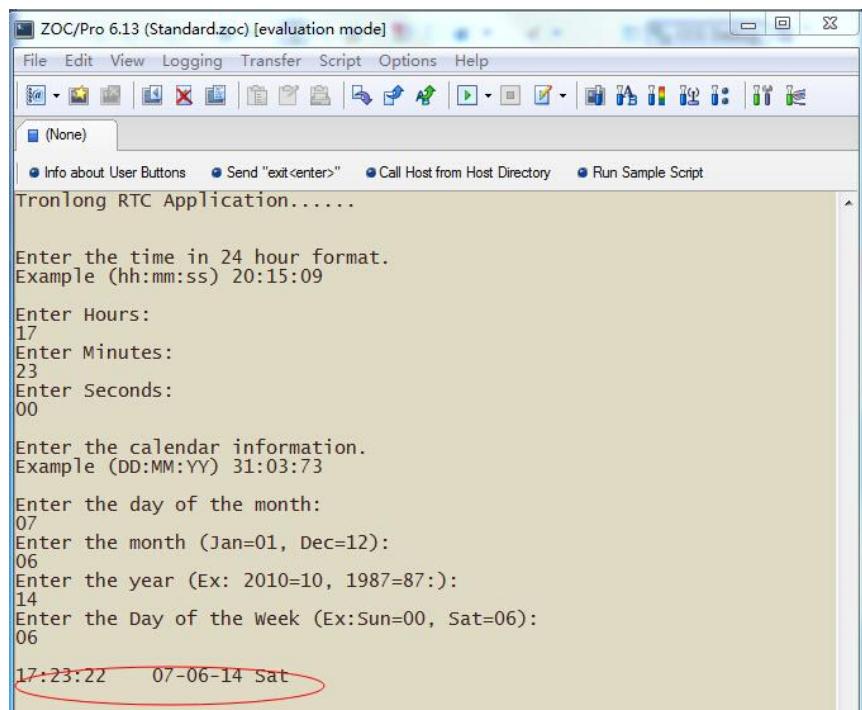


图 83

RTC 时钟来源于 PLL 旁路时钟，即晶体振荡器时钟 24MHz。

7.16 LCD——LCD 显示

此程序的作用是实现 LCD 显示功能，程序会调用 grLib 图形库显示各种图形元素，按照工程导入步骤加载 LCD.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，

然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下信息：

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

62/140

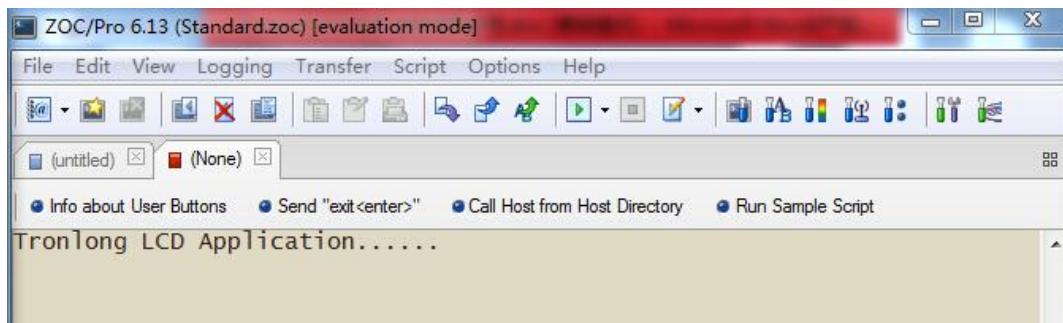


图 84

(2) LCD 会显示图片。

更改显示图像方法

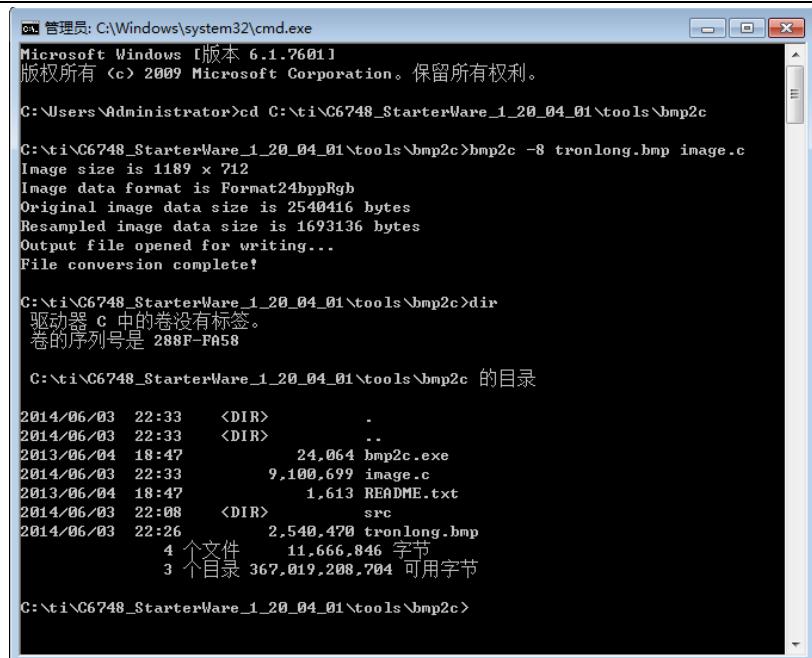
准备好 bmp 格式图形文件（例如 tronlong.bmp），将其拷贝到 StarterWare 安装路径中的 tools\bmp2c 目录下。若 StarterWare 安装在默认路径，路径是：

C:\ti\C6748_StarterWare_1_20_04_01\tools\bmp2c

在 Windows 开始菜单底部输入 cmd 进入控制台窗口，进入此 bmp2c 目录并执行图片转化命令，会生成图形文件的字符数组 C 文件 image.c，命令如下：

DOS# cd C:\ti\C6748_StarterWare_1_20_04_01\tools\bmp2c

DOS# bmp2c -8 tronlong.bmp image.c



```

管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 6.1.7601]
版权所有 © 2009 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\ti\C6748_StarterWare_1_20_04_01\tools\bmp2c <input> -8 <output>
Image size is 1189 x 712
Image data format is Format24bppRgb
Original image data size is 2540416 bytes
Resampled image data size is 1693136 bytes
Output file opened for writing...
File conversion complete!

C:\ti\C6748_StarterWare_1_20_04_01\tools\bmp2c>dir
驱动器 C 中的卷没有标签。
卷的序列号是 288F-FA58

C:\ti\C6748_StarterWare_1_20_04_01\tools\bmp2c 的目录

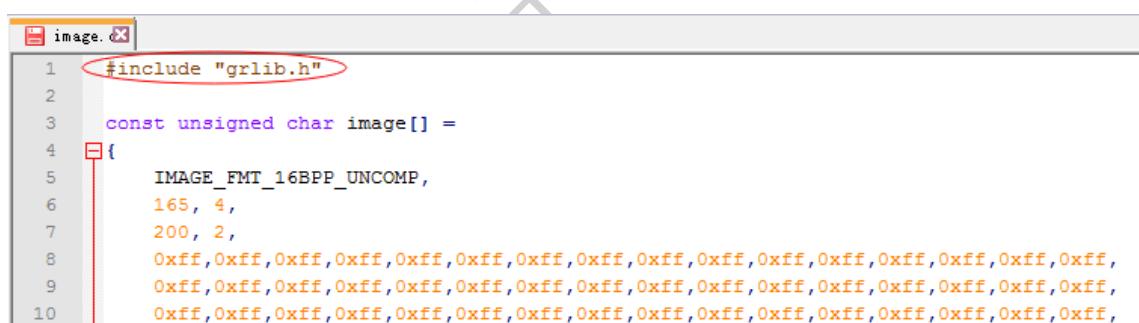
2014/06/03 22:33 <DIR> .
2014/06/03 22:33 <DIR> ..
2013/06/04 18:47 24,064 bmp2c.exe
2014/06/03 22:33 9,100,699 image.c
2013/06/04 18:47 1,613 README.txt
2014/06/03 22:08 <DIR> src
2014/06/03 22:26 2,540,470 tronlong.bmp
               4 个文件 11,666,846 字节
               3 个目录 367,019,208,704 可用字节

C:\ti\C6748_StarterWare_1_20_04_01\tools\bmp2c>

```

图 85

打开 image.c，在该文件头加入头文件申明 "#include "grlib.h""，如下图所示：



```

image.c
1 #include "grlib.h"
2
3 const unsigned char image[] =
4 {
5     IMAGE_FMT_16BPP_UNCOMP,
6     165, 4,
7     200, 2,
8     0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
9     0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
10    0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,

```

图 86

最后把 image.c 文件拷贝至 LCD 工程根目录下覆盖原有图像文件 image.c，重新编译并运行程序即可。建议图片不能太大，否则会影响编译、加载、烧写的时间。

7.17 TOUCH——触摸屏

此程序的作用是实现 LCD 触摸功能，可以进行点击与画线。

按照工程导入步骤加载 TOUCH.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 点击屏幕串口调试终端会打印如下坐标信息：

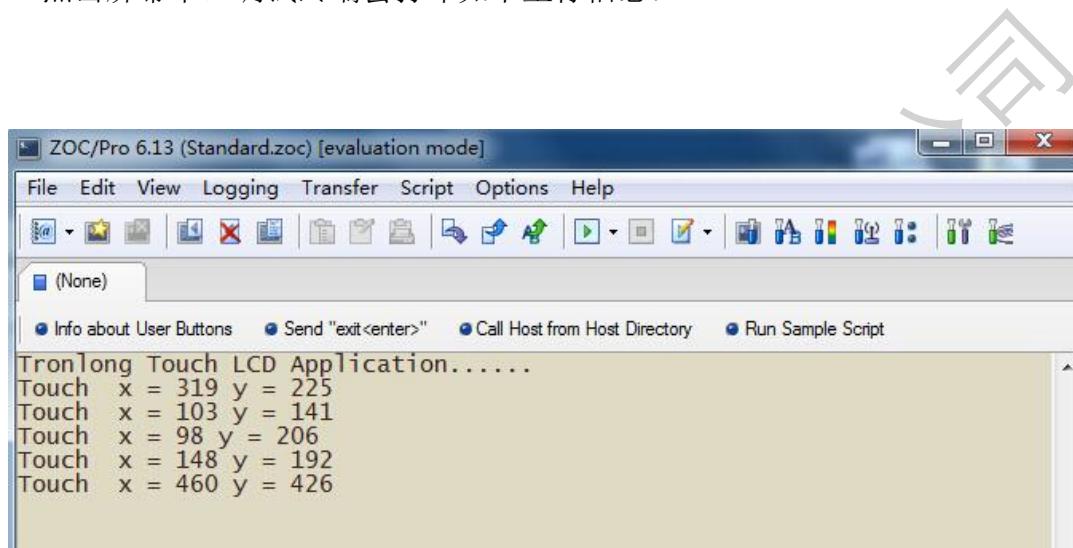


图 87

7.18 MMCSD——SD 卡读写

此程序实现了通过 MMCSD0 接口对 SD 卡进行块数据读写。该测试会破坏 SD 卡原有的内容，请在做测试之前请做好数据备份工作。

按照工程导入步骤加载 MMCSD.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试终端，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印提示信息，说明数据读写成功。



```
=====Test Start=====.
Welcome to MMCSD Access Test application.

Write 10 blocks data to MMCSD Card.
Verify successfully.

=====Test End=====.
```

图 88

7.19 USB_DEV_BULK——USB OTG 从方式（USB BULK 管道通信）

此程序的作用是演示 USB 从方式，通过 USB BULK 管道实现主机和 TMS320C6748 开发板的数据交换。

首先连接开发板的 USB OTG 和 PC 机 USB 接口，接着在 PC 机中安装 USB 驱动程序，具体驱动程序是在光盘"demo\StarterWare\HostApp\USB_DEV_BULK\driver"目录下的 installer_x64.exe 和 installer_x86.exe 两个文件。前者是 64 位 Windows 系统驱动，后者是 32 位 Windows 系统驱动，双击安装，安装过程很短，一闪而过。

按照工程导入步骤加载 USB_DEV_BULK.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

检查 PC 设备管理器中是否枚举到 USB 设备"General Bulk Device"，如下图所示。

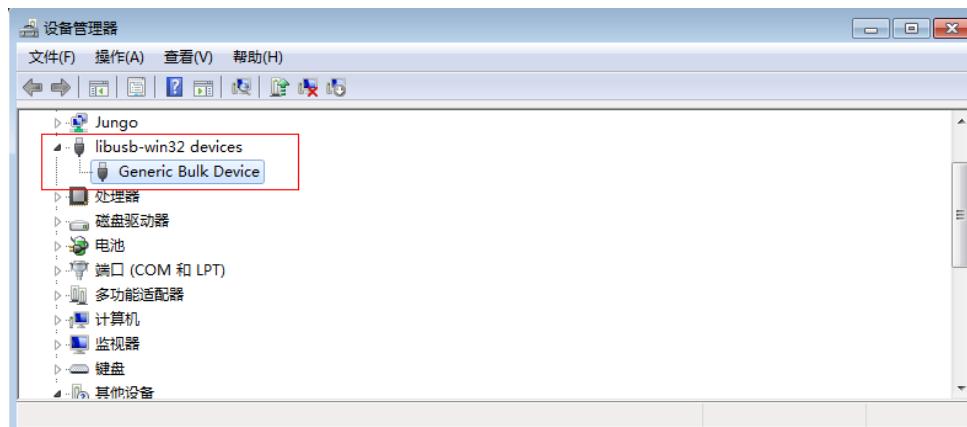


图 89

如果显示为"Generic Bulk Device"或者未知设备设备。请右击此设备，在弹出的菜单中选择“更新驱动程序软件”，如下图所示：



图 90

在弹出的界面中选择“浏览计算机以查找驱动程序软件”，如下图所示：

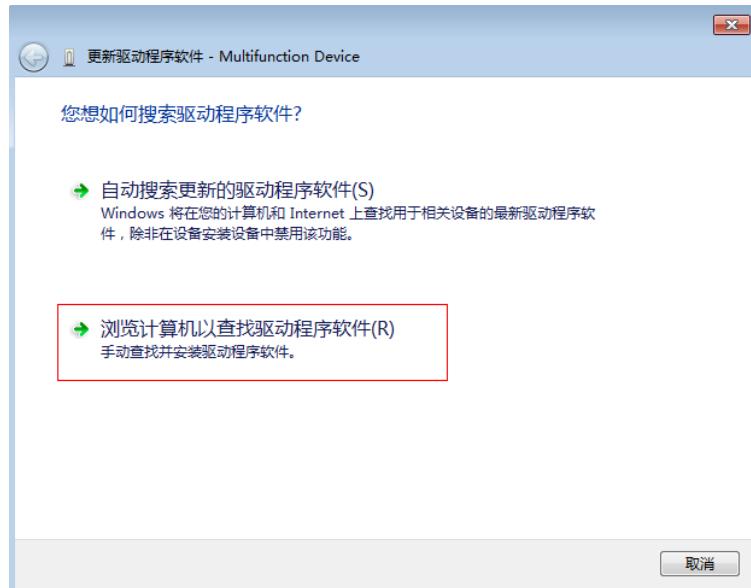


图 91

在弹出的界面中选择光盘"demo\StarterWare\HostApp\USB_DEV_BULK\driver"路径，然后点击下一步，会弹出如下界面，然后点击安装。

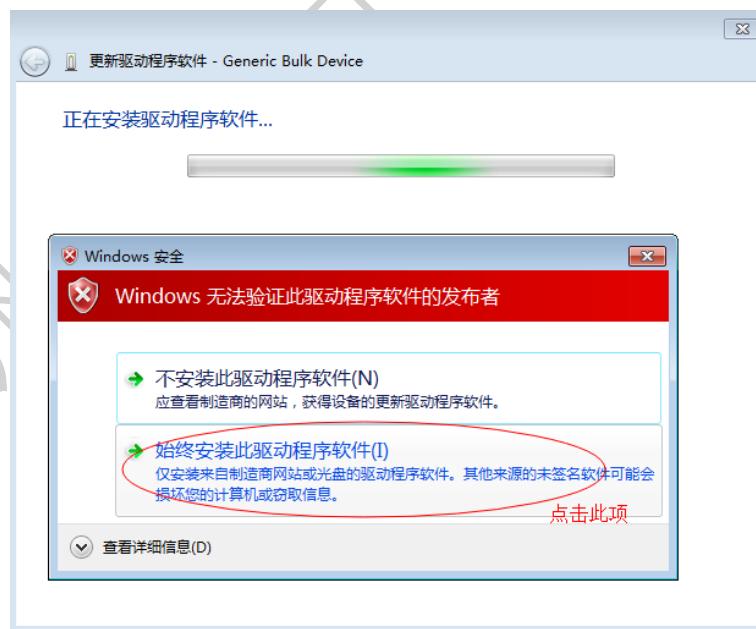


图 92

安装成功会弹出如下界面。

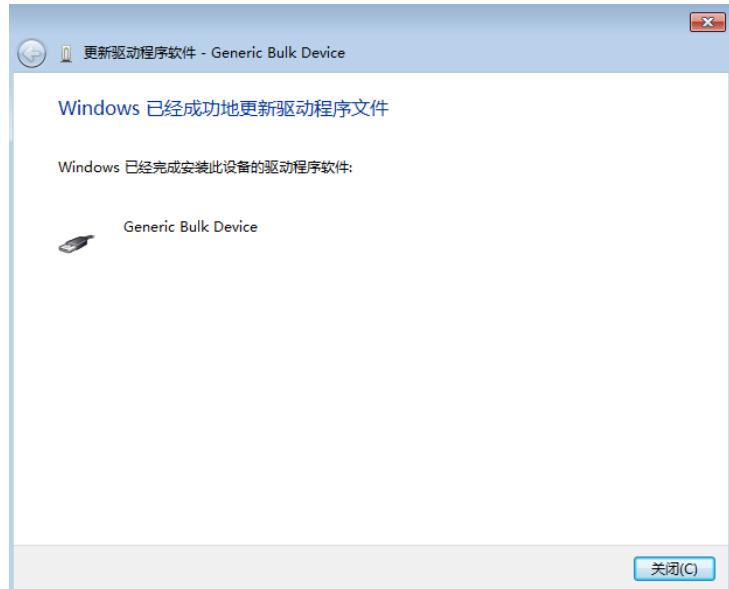


图 93

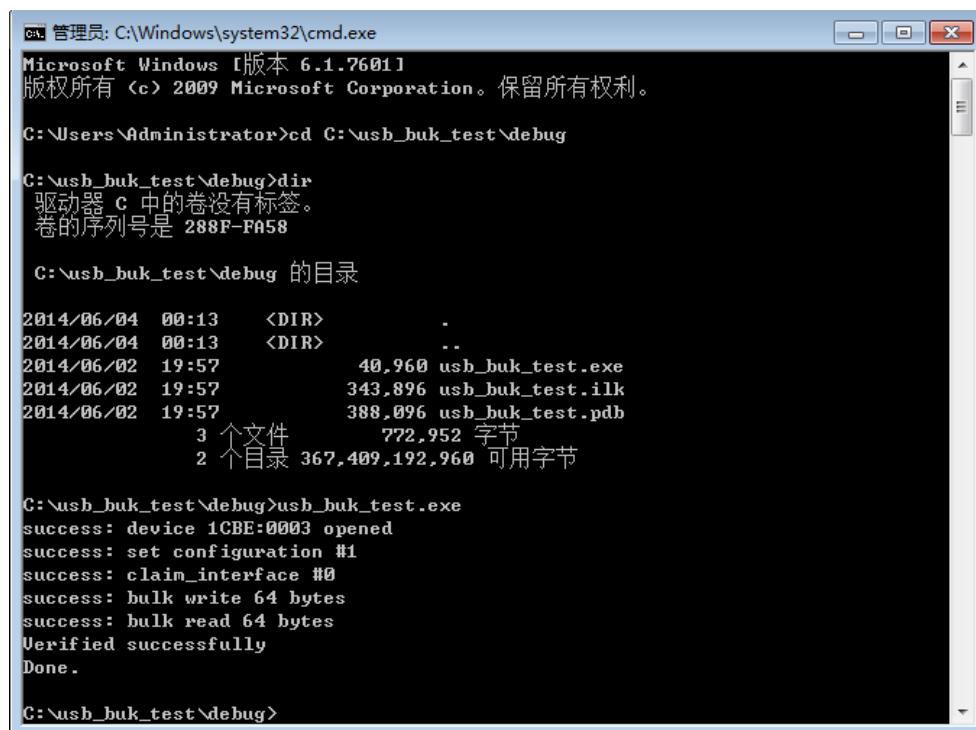
将光盘 "demo\StarterWare\HostApp\USB_DEV_BULK\usb_bulk_test" 测试程序源码整个目录复制到 C 盘根目录下，在 Windows 开始菜单底部输入 cmd 进入控制台窗口，进入此 usb_bulk_test 下的 debug 目录并执行测试程序，命令如下：

DOS# cd C:\usb_bulk_test\debug

DOS# usb_bulk_test.exe

演示现象

(1) PC 机控制台窗口显示读写数据成功信息。



```
管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 6.1.7601]
版权所有 © 2009 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\Users\Administrator>cd C:\usb_buk_test\debug

C:\usb_buk_test\debug>dir
驱动器 C 中的卷没有标签。
卷的序列号是 288F-F458

C:\usb_buk_test\debug 的目录

2014/06/04 00:13 <DIR> .
2014/06/04 00:13 <DIR> ..
2014/06/02 19:57 40,960 usb_buk_test.exe
2014/06/02 19:57 343,896 usb_buk_test.ilk
2014/06/02 19:57 388,096 usb_buk_test.pdb
3 个文件 772,952 字节
2 个目录 367,409,192,960 可用字节

C:\usb_buk_test\debug>usb_buk_test.exe
success: device 1CBE:0003 opened
success: set configuration #1
success: claim_interface #0
success: bulk write 64 bytes
success: bulk read 64 bytes
Verified successfully
Done.

C:\usb_buk_test\debug>
```

图 94

(2) 串口调试窗口输出提示信息。

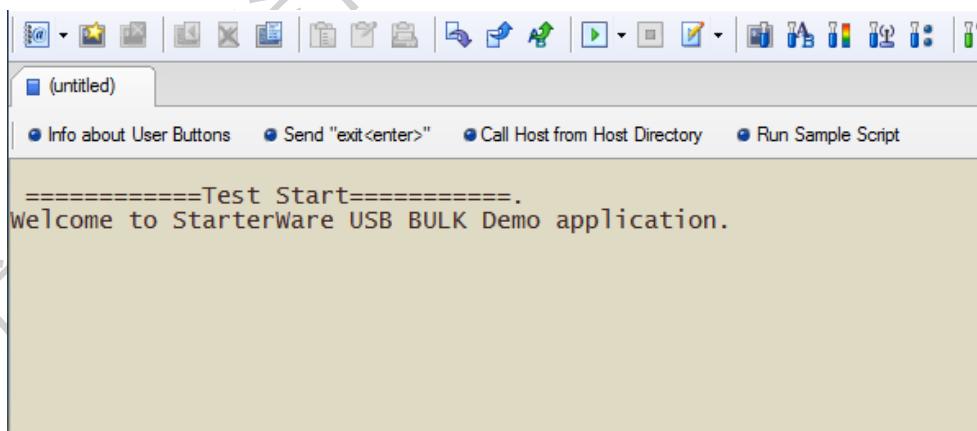


图 95

(3) 屏幕提示开发板和 PC 通信成功，并显示已成功传输字节数量。

UI 程序演示

为了方便使用，TMS320C6748 开发板的光盘中提供了一个 UI 程序。

源码和可执行程序分别位于光盘如下路径：

demo\StarterWare\HostApp\USB_DEV_BULK\bulk_test_ui

demo\StarterWare\HostApp\USB_DEV_BULK\bulk_test_ui\debug\bulk_test_ui.exe

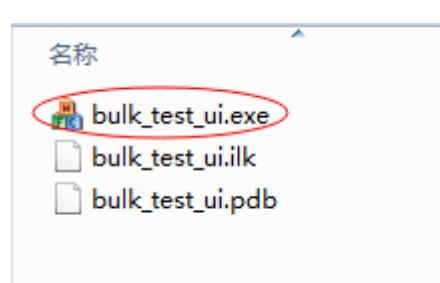


图 96

双击可执行程序 `bulk_test_ui.exe`（如果执行有错误，请使用 VS2005 重新编译并生成.exe 文件），弹出如下界面：



图 97

点击“打开设备”，然后点击“读写设备”，界面显示如下：



图 98

UI 程序将十六进制数据 00~3f 共 64 个数据通过 USB 送往开发板, 然后再读取回来, 显示在 UI 界面上。

USB Tracer 捕获工具的使用

为了更清楚的是看到 USB 数据的传输, 可以使用 USBTrace 工具。USBTrace 是一款功能强大的 USB 监控软件, 它能够分析 USB 总线和与之相连的 USB 设备的连接状况, 监控包括 USB 控制器, USB 集线器和 USB 设备的连接, 请求和运行情况。具备 USB 包抓取, USB 设备类别分析等功能, 适合检测主机方的 USB 控制协议。

该工具在"demo\StarterWare\HostApp\tools\USBTrace_Installer"目录下, 先安装原程序, 然后将 Crack 目录下的所有内容覆盖到安装目录中。

USBTrace_x64_Build_77_220512_Installer: 64 位 Windows 系统驱动;

USBTrace_x86_Build_77_220512_Installer: 32 位 Windows 系统驱动;

确保开发板正常启动、USB 驱动已正常安装、UI 正常启动, 然后点击桌面的 USBTrace 图标, 弹出如下界面:

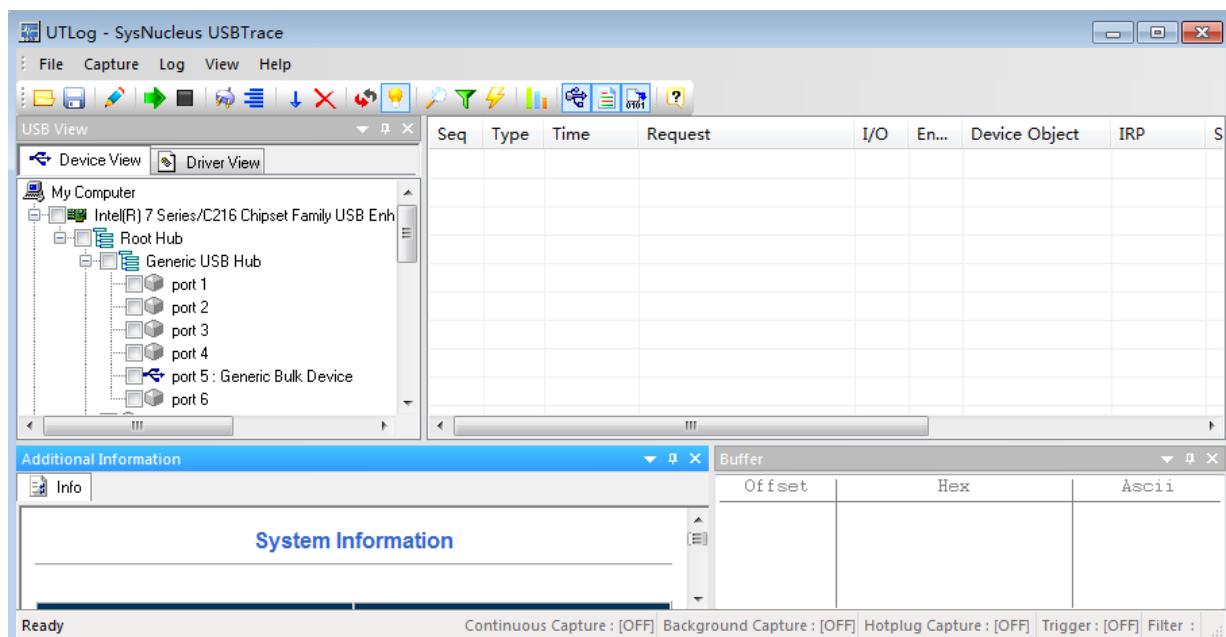


图 99

选择需要捕获的 USB 设备"Generic Bulk Device"，如下图所示：

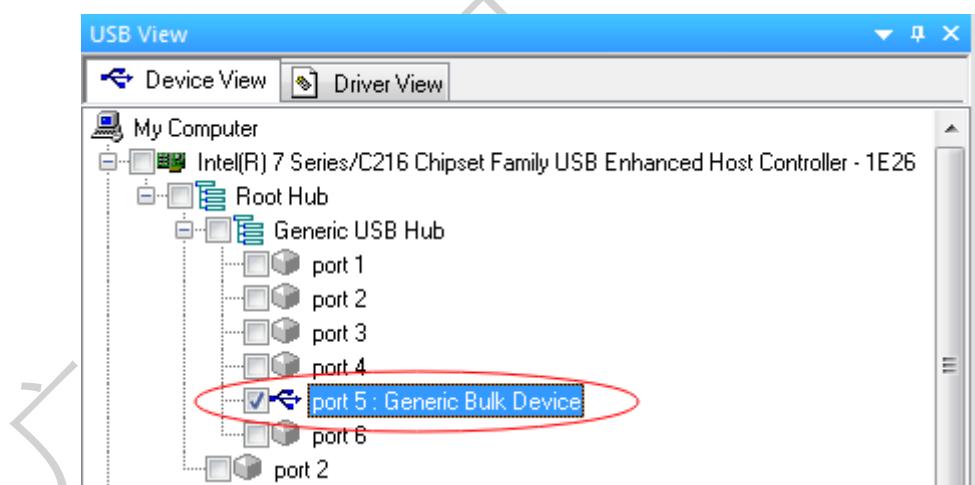


图 100

设置过滤器并开始捕获，点击步骤按照 1->2->3->4->5，如下图所示：

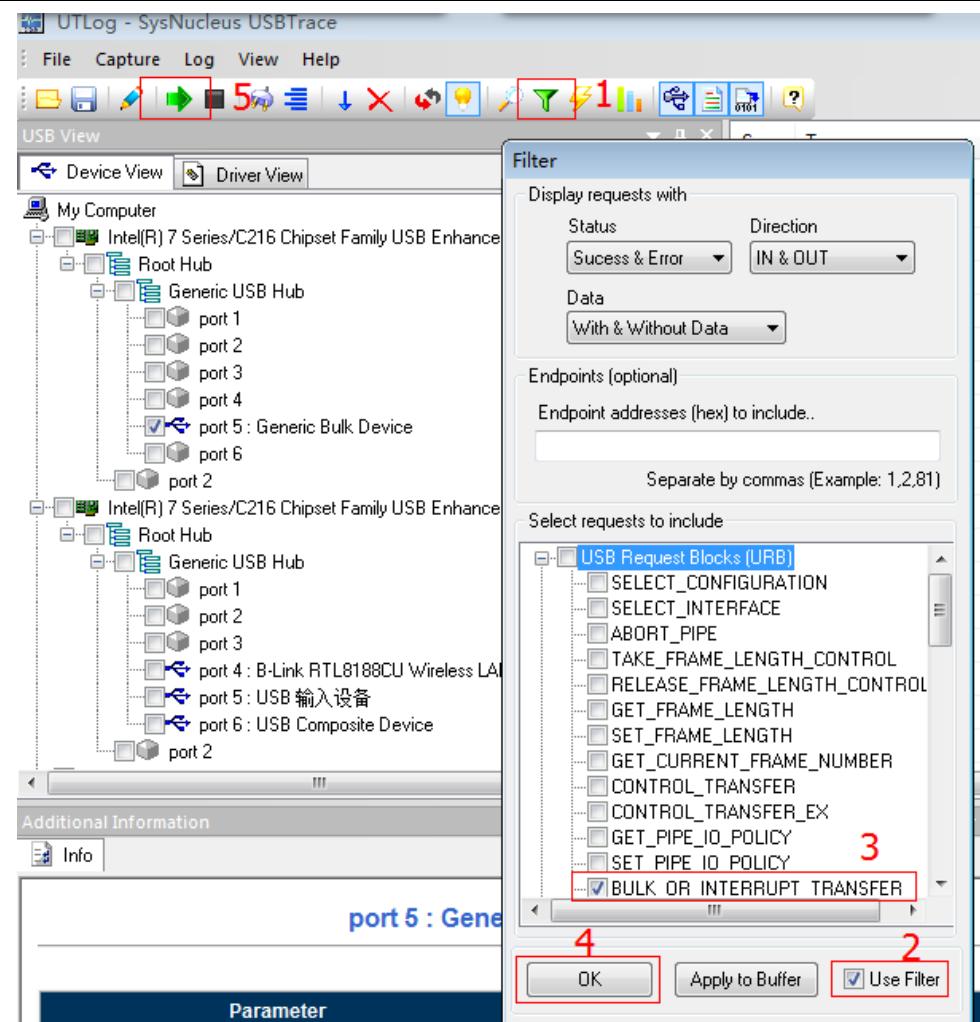


图 101

然后点击 bulk_test_ui 界面的“读写设备”按钮，可发现 USBTrace 右边显示如下图：

Seq	Type	Time	Request	I/O	End...	Device Object	IRP	Status	Buffer Snippet	Buffer Size
0	START	0.000000	START OF LOG							
1	URB	3.841728	BULK_OR_INTERRUPT_T...	OUT	1	\Device\USBPD...	0xBA96...	STATUS_SUCCESS	00 01 02 03 04 05 ... 64	
2	URB	3.841729	BULK_OR_INTERRUPT_T...	OUT	1	\Device\libusb...	0xBA96...	STATUS_SUCCESS	00 01 02 03 04 05 ... 64	
3	URB	3.841745	BULK_OR_INTERRUPT_T...	IN	1	\Device\libusb...	0xBA96...	STATUS_PENDING	PC往USB输出的信息	
4	URB	3.841810	BULK_OR_INTERRUPT_T...	IN	1	\Device\libusb...	0xBA96...	STATUS_SUCCESS	0	
5	URB	3.842208	BULK_OR_INTERRUPT_T...	OUT	81	\Device\USBPD...	0xBA96...	STATUS_SUCCESS	0	
6	URB	3.842210	BULK_OR_INTERRUPT_T...	OUT	81	\Device\libusb...	0xBA96...	STATUS_SUCCESS	0	
7	URB	3.842226	BULK_OR_INTERRUPT_T...	IN	81	\Device\libusb...	0xBA96...	STATUS_PENDING	从USB输入到PC的信息	
8	URB	3.842306	BULK_OR_INTERRUPT_T...	IN	81	\Device\libusb...	0xBA96...	STATUS_SUCCESS	00 01 02 03 04 05 ... 64	

图 102

点击 OUT 或者 IN 行即可在下方看到发送或者接收到的数据，如下图所示：

Buffer															
Offset	Hex														
00000000	00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E														
0000000F	0F 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1A 1B 1C 1D														
0000001E	1E 1F 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2A 2B 2C														
0000002D	2D 2E 2F 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 3A 3B														
0000003C	3C 3D 3E 3F														

图 103

7.20 USB_DEV_MSC——USB OTG 从方式（虚拟存储设备）

此程序的作用是演示 USB 从方式，将 TMS320C6748 开发板模拟成一个 USB 存储设备，实现主机和开发板之间的数据传输。

按照工程导入步骤加载 USB_DEV_MSC.out 文件，连接开发板的 USB OTG 和 PC 机 USB 接口，然后点击程序运行  按钮，弹出如下格式化提示界面：



图 104

点击“格式化磁盘”，弹出如下界面：



图 105

点击“开始”，弹出如下界面：

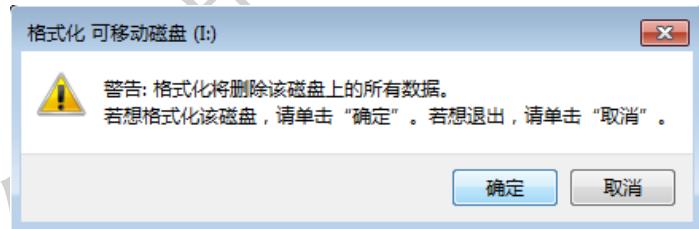


图 106

点击“确定”，弹出如下界面：

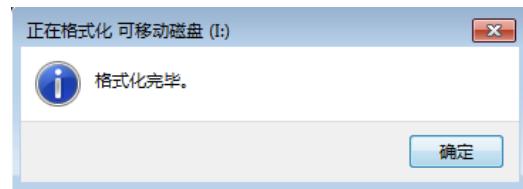


图 107



可以在 PC 中看到新产生约 48MByte 大小的可移动磁盘盘符，如下图所示：

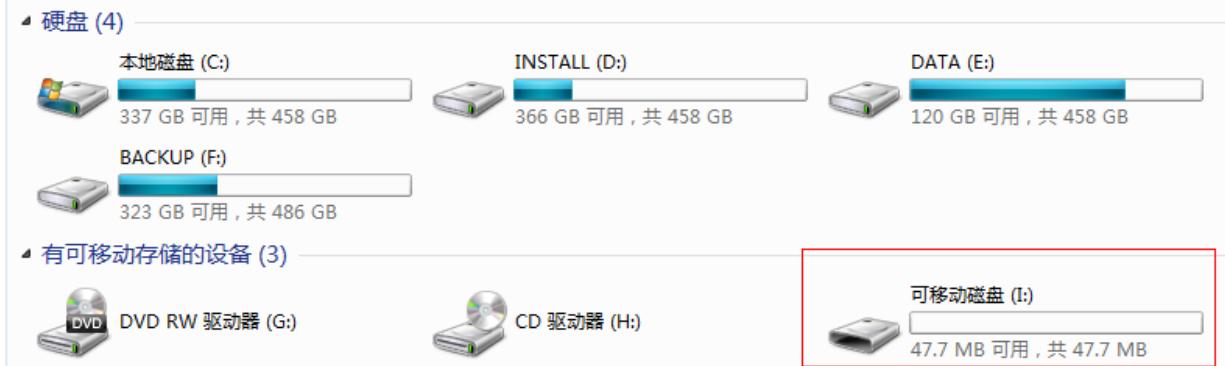


图 108

可以像操作普通的 U 盘一样操作此磁盘。请保持开发板状态和连接，进行下面的速度测试步骤。

传输速度测试

双击光盘 "demo\StarterWare\HostApp\tools\ATTO_Disk_Benchmarks_V2.47_CN.exe" 文件，弹出如下界面。选择磁盘（此处识别为 I 盘），选择 32MByte 空间，然后点击“开始”按钮：

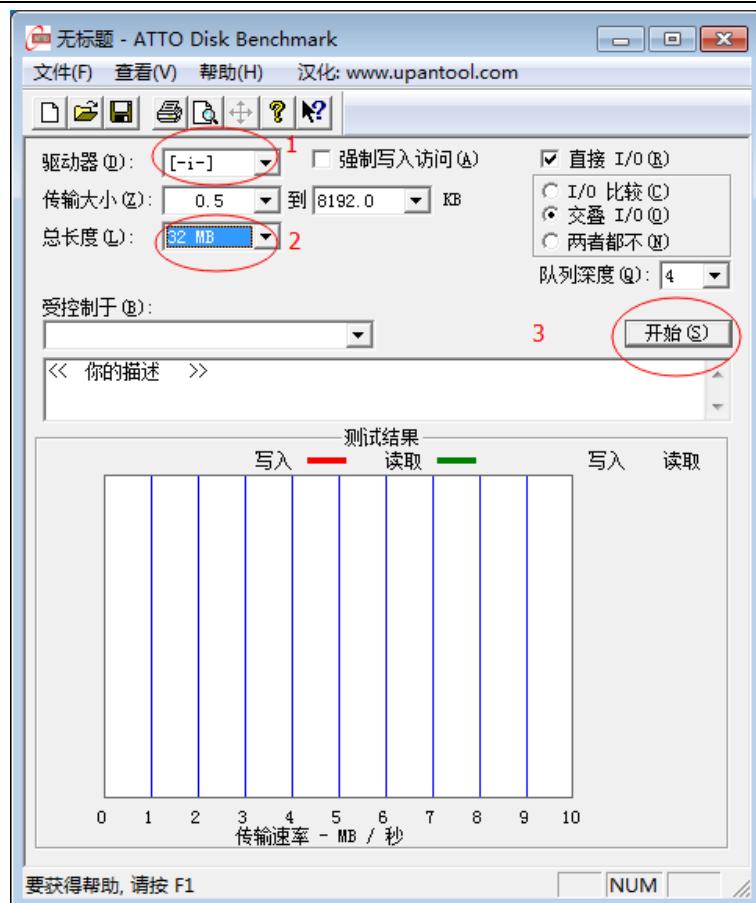


图 109

等待 3 分钟左右，可以在界面中看到 0.5KByte~8MByte 文件读写速度测试结果，如下图所示：

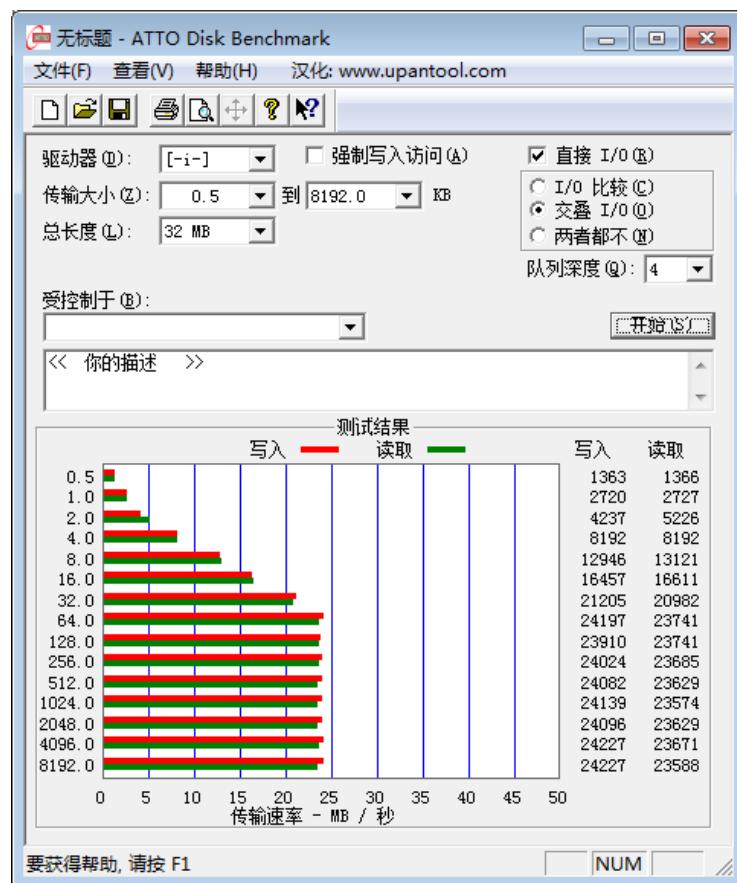


图 110

可从图中看到当传输文件达到 64KByte 以上, 读和写速度可以分别稳定在 24MByte/S 和 23MByte/S 左右。

7.21 USB_DEV_SERIAL——USB OTG 从方式 (USB 虚拟串口)

此程序的作用是演示 USB 从方式, 实现 USB 虚拟串口功能。

按照工程导入步骤加载 USB_DEV_SERIAL.out 文件, 通过 OTG 将开发板和 PC 机 USB 接口连接, 将开发板的 UART2 和 PC 机连接, 打开串口调试软件, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行 按钮。

可以发现识别为 USB 为虚拟串口, 如下图所示:

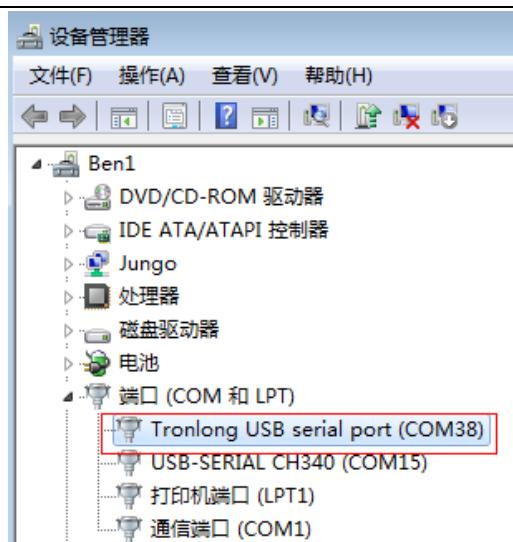


图 111

若无法识别，请仿照 USB_DEV_BULK 相关步骤手动更新驱动，驱动位于资料光盘 "demo\StarterWare\HostApp\tools\USB_DEV_SERIAL_DRIVER" 目录下。由于 ZOC 串口调试终端无法识别大编号串口，请在“设备->端口”中右击虚拟设备，弹出如下界面：

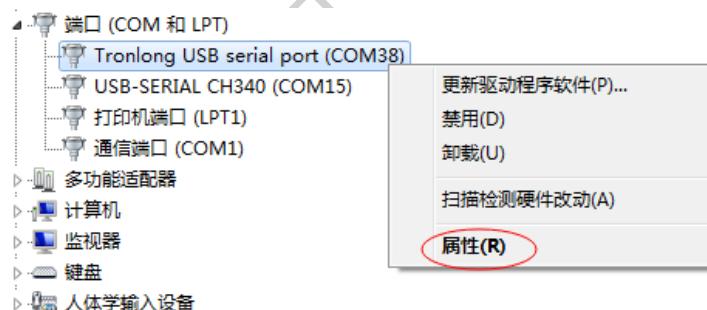


图 112

点击“属性”，弹出如下界面：

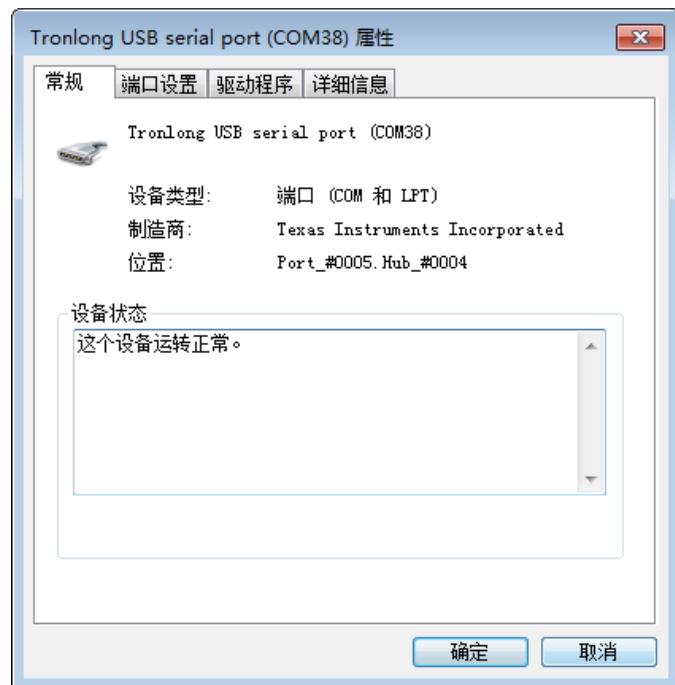


图 113

点击“端口设置->高级”，如下图所示：



图 114



弹出如下界面，在“COM 端口号 (P)”处选择一个空闲的 COM 口，然后点击确定。



图 115

打开一个新的串口调试终端窗口，选择上面空闲的 COM 口，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无。在任意一个窗口输入字符，可以在另外一个窗口看到字符输出。

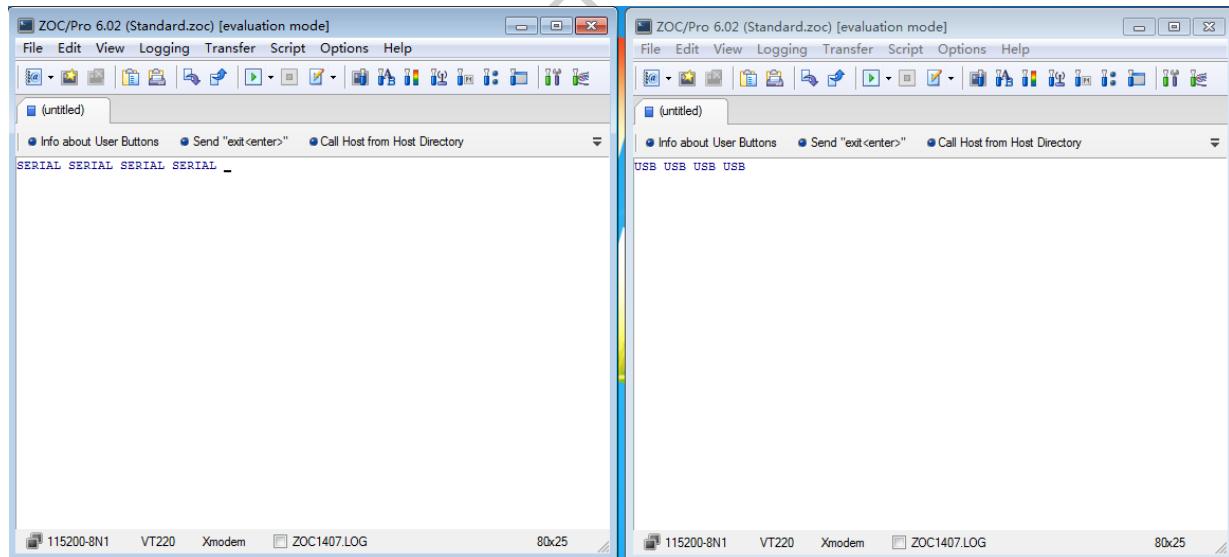


图 116

7.22 USB_HOST_KEYBOARD——USB OTG 主方式（USB 键盘）

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

82/140



此程序的作用是演示 USB HOST 方式，实现 USB 键盘输入功能。

按照工程导入步骤加载 USB_HOST_KEYBOARD.out 文件，通过 OTG 转接头将 USB 键盘和开发板 USB OTG 接口连接，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 开发板检测到 USB 键盘后，会在屏幕左下角出现"Connected"字符，可以通过键盘输入字符显示到屏幕，并支持换行。拔出设备后屏幕左下角出现"No Device"字符。

7.23 USB_HOST_MOUSE——USB OTG 主方式 (USB 鼠标)

此程序的作用是演示 USB HOST 方式，实现 USB 鼠标功能。

按照工程导入步骤加载 USB_HOST_MOUSE.out 文件，通过 OTG 转接头将 USB 鼠标和开发板 USB OTG 接口连接，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 开发板检测到 USB 鼠标后，会在屏幕左下角出现"Connected"字符，拔出设备后屏幕左下角出现"No Device"字符。移动鼠标可以在屏幕上看到白色光标滑动，按住鼠标可以在屏幕上画点画线，松开鼠标并滑动可以擦除相应位置的点线。屏幕右下角可以显示按键状态。

7.24 USB_HOST_MSC——USB OTG 主方式 (U 盘内容查看)

此程序的作用是演示 USB HOST 方式，实现 TMS320C6748 开发板对 U 盘的查看。

按照工程导入步骤加载 USB_HOST_MSC.out 文件，通过 OTG 转接头将 U 盘接到开发板的 OTG 接口，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

若在串口调试终端有打印信息"Mass storage device connected."，说明 CPU 已发现 U 盘并连接成功，如下图所示：

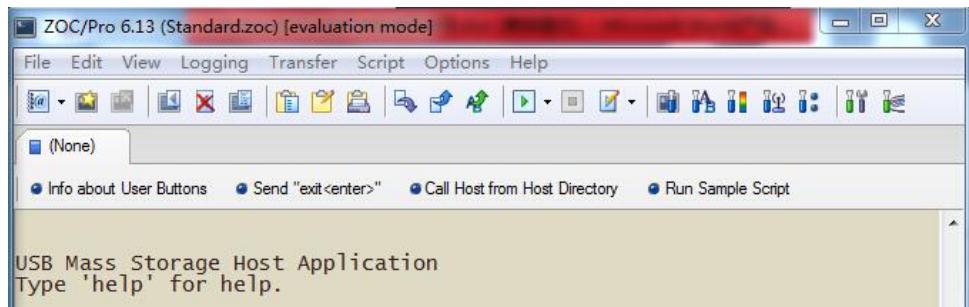


图 117

此处串口作用类似于 Linux 的串口终端后台，输入“h”并回车可查看已实现的后台命令，如下图所示：

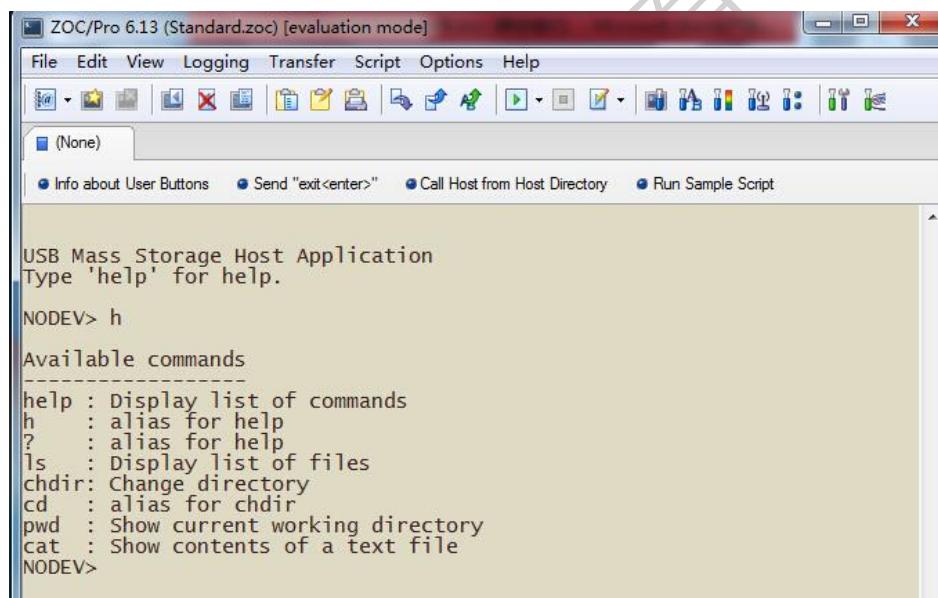


图 118

ls: 查看 U 盘内容

chdir: 改变目录路径

cd: 进入目录

pwd: 打印当前目录路径

cat: 查看文件内容



例如输入"ls"，可查看到 U 盘内容，如下图所示：

```
/> ls
D---- 2014/06/24 11:32 0 LINUX-~1.33
D---- 2014/06/24 11:32 0 LINUX-~1.37
D---- 2014/06/24 11:32 0 LINUX-~1.3ÄÚ
----A 2014/06/23 18:21 1177 AISGEN~1.CFG
----A 2014/06/23 18:21 17432576 jffs2.img
----A 2014/03/26 14:13 171860 lps4018.pdf
----A 2014/03/26 14:18 241980 MSS126~1.PDF
----A 2014/06/23 18:21 288346 NAND-W~1.OUT
----A 2014/06/23 18:21 77858 omapl138.gel
----A 2014/04/02 04:07 739433 P0353NL.pdf
----A 2014/06/23 18:21 46197 UBL-BO~1.OUT
----A 2014/06/23 18:21 393864 u-boot.ais
----A 2013/09/14 19:10 100954112 TEST
----A 2014/06/27 18:22 82682333 LINUX-~1.RAR
D-HS- 2014/07/05 18:23 0 SYSTEM~1
----A 2014/07/07 11:31 500691 FPGA×ÊÁÏ.RAR
----A 2014/07/07 12:46 2482113 Ó²¹þÔ~1.RAR

13 File(s), 206012540 bytes total
4 Dir(s), 3714088K bytes free
/>
```

图 119

7.25 ENET_HTTPD——网络 Web 服务器

此程序的作用是实现网络通信功能，在 TMS320C6748 开发板上搭建一个轻量级 Web 服务器。连接好网线（**注意：**接路由器用直连网线，直连 PC 则用交叉网线），将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无。

按照工程导入步骤加载 ENET_HTTPD.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口显示开发板的 IP 地址 (192.168.1.200)。

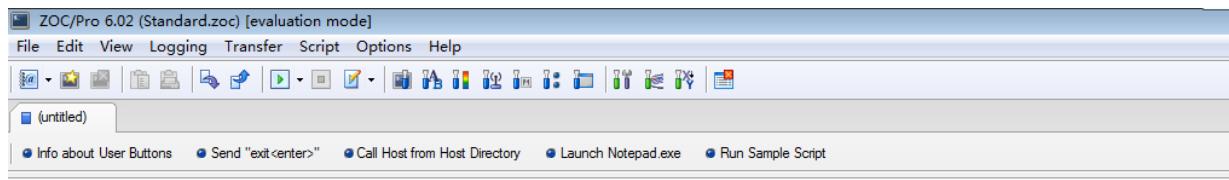


图 120

(2) 在 Windows 开始菜单底部输入 cmd 进入控制台窗口，执行 ping 命令，确认开发版网络部分工作正常。

DOS# ping 192.168.1.200

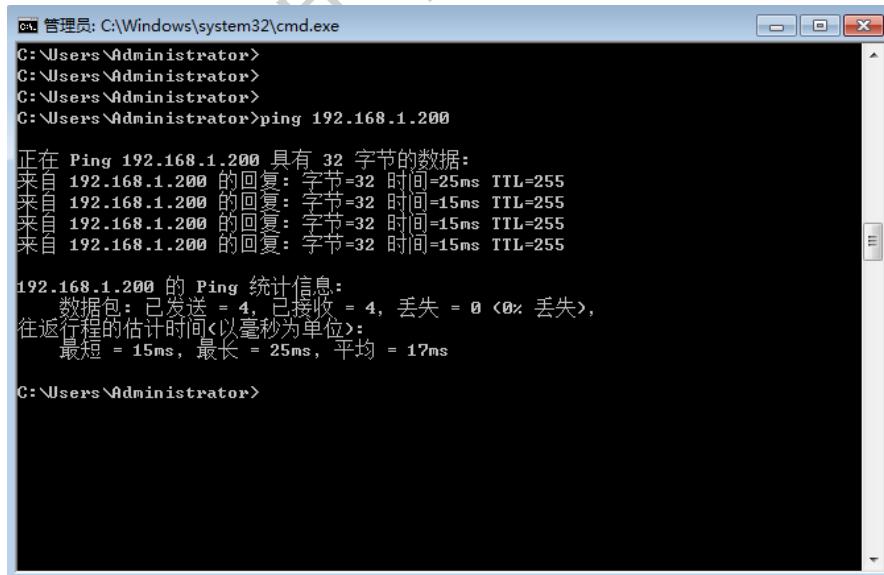


图 121

(3) 打开浏览器输入网址 <http://192.168.1.200>，就可以看到网址内容。

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

86/140

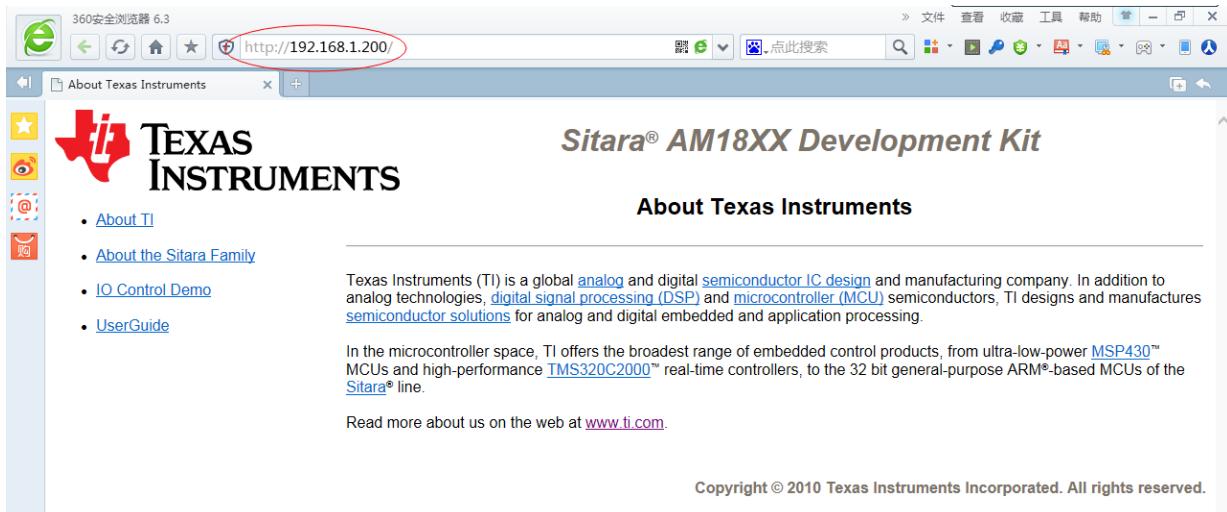


图 122

(4) IP 修改方法

修改文件 lwipopts.h 文件如下行对应位：

```
#define STATIC_IP_ADDRESS      0xC0A801C8
```

其中 0xC0A801C8 为 16 进制，对应 IP：192.168.1.200，对应位的意思是：

C0：192

A8：168

01:1

C8:200

请根据个人需求修改即可。

7.26 ENET_ECHO——网络 Socket 通信

本程序主要演示 Socket 通信，开发板为服务器，PC 机为客户端，两者实现数据交换。

首先连接好网线，连接接好网线（**注意：**接路由器用直连网线，直连 PC 则用交叉网

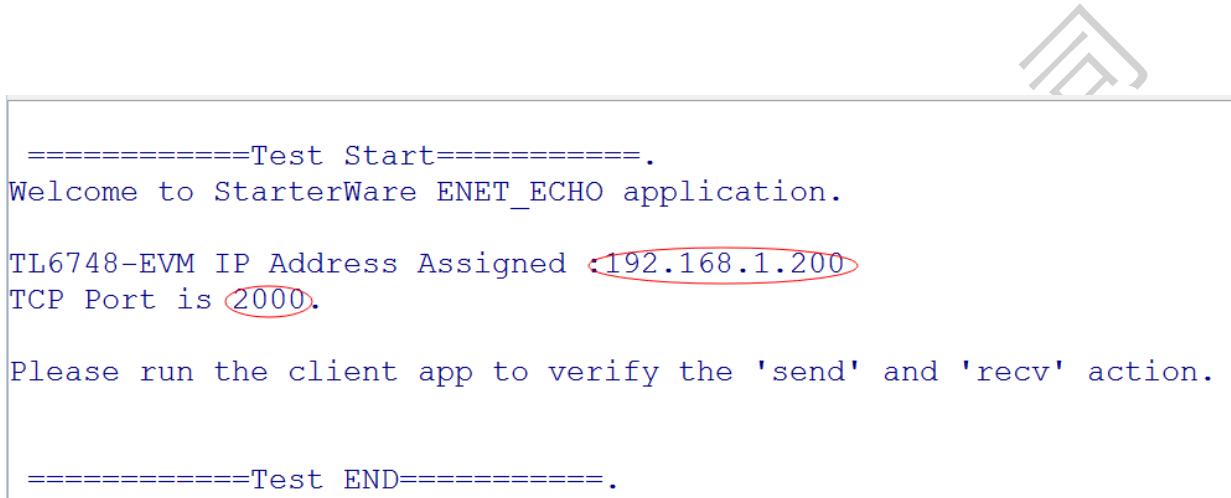


线），将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无。

按照工程导入步骤加载 ENET_ECHO.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口显示开发板的 IP 地址 (192.168.1.200) 和端口 (2000)，如下图所示：



```
=====Test Start=====.
Welcome to StarterWare ENET_ECHO application.

TL6748-EVM IP Address Assigned <192.168.1.200>
TCP Port is <2000>.

Please run the client app to verify the 'send' and 'recv' action.

=====Test END=====.
```

图 123

UI 程序演示

首先在 Windows 开始菜单底部输入 cmd 进入控制台窗口，执行 ping 命令，确认开发版网络部分工作正常。

DOS# ping 192.168.1.200



```

管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 6.1.7601]
版权所有 © 2009 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\Users\Administrator>ping 192.168.1.200

正在 Ping 192.168.1.200 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.1.200 的回复: 字节=32 时间=5ms TTL=255
来自 192.168.1.200 的回复: 字节=32 时间=2ms TTL=255
来自 192.168.1.200 的回复: 字节=32 时间=2ms TTL=255
来自 192.168.1.200 的回复: 字节=32 时间=4ms TTL=255

192.168.1.200 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 <0% 丢失>,
往返行程的估计时间<以毫秒为单位>:
    最短 = 2ms, 最长 = 5ms, 平均 = 3ms

C:\Users\Administrator>^Q

```

图 124

双击光盘 "demo\StarterWare\HostApp\ENET_ECHO\enet_client\debug\enet_client.exe" 即可运行 UI 程序（假如出错请用 VS2005 重新编译，并再次运行），弹出如下界面：



图 125

UI 程序可以选择单次发收，也可以选择多次发收，发送的数据内容用户可以在程序中自行修改，程序会对发送和接收的内容进行比对校验。点击“建立连接”后再点击“读写测试”，弹出如下界面：

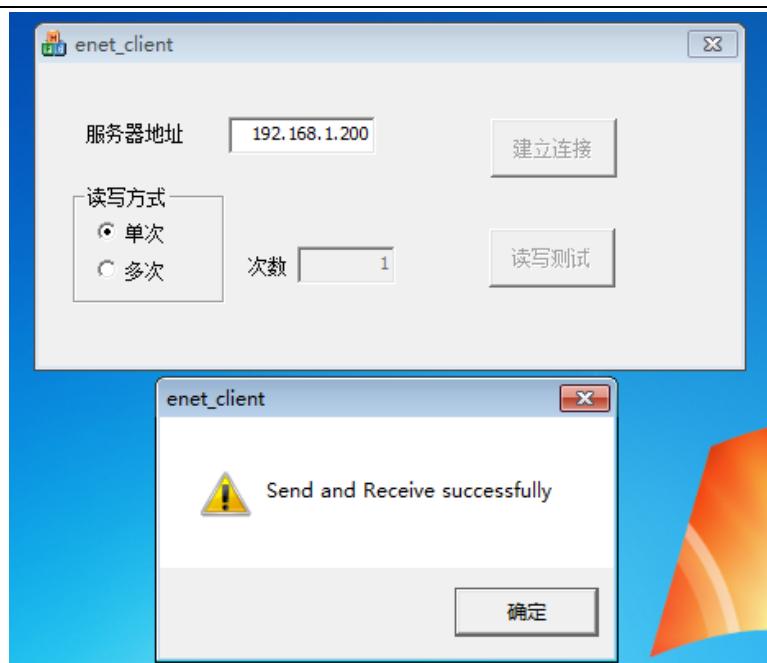


图 126

Wireshark 捕获工具的使用

Wireshark 是一个网络封包分析软件。网络封包分析软件的功能是撷取网络封包，并尽可能显示出最为详细的网络封包资料。

Wireshark 软件的路径位于光盘如下路径：

demo\StarterWare\HostApp\tools\Wireshark-win32-1.10.3.exe

请双击安装此软件。正确安装后打开 Wireshark 软件，如下图所示：

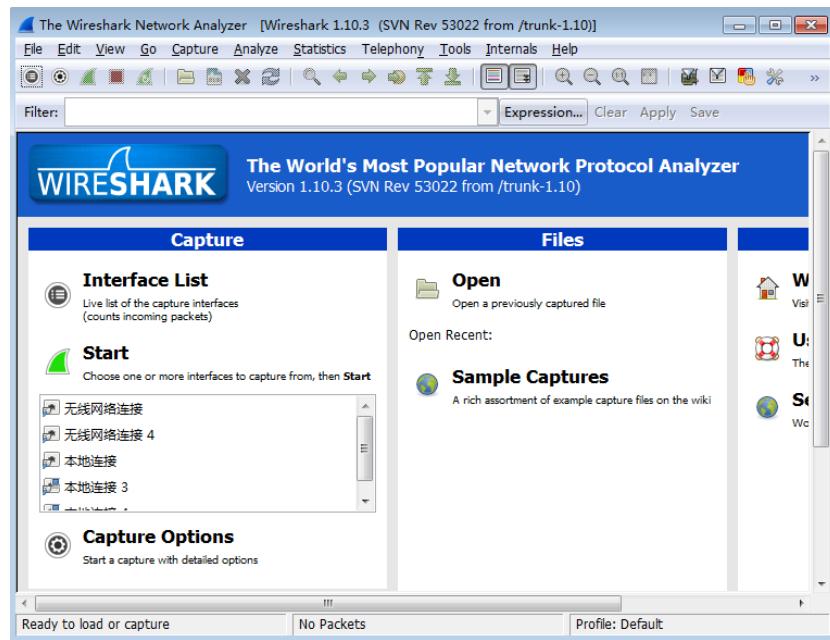


图 127

接着按下图步骤 1->2->3 点击，如下图所示：

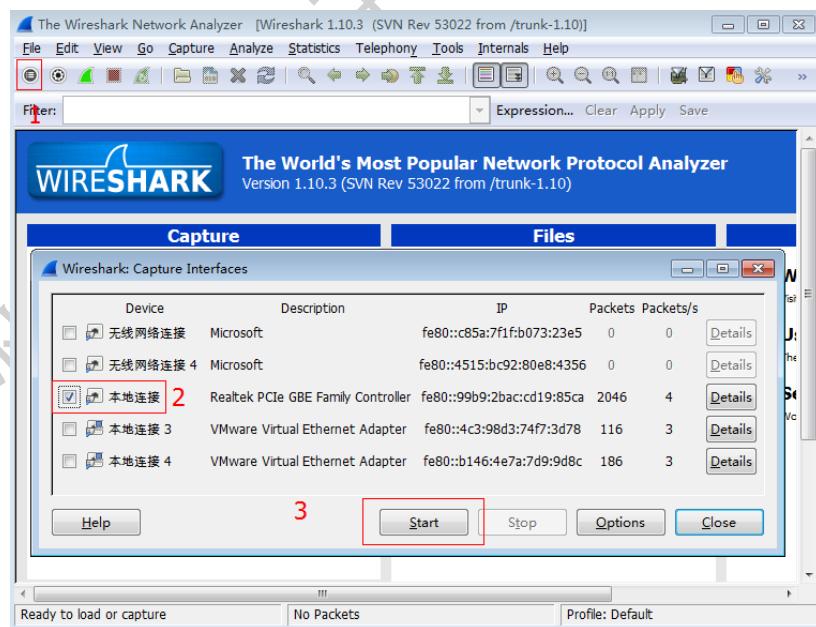


图 128

点击 Start 后，弹出如下界面：

销售邮箱：sales@tronlong.com 技术邮箱：support@tronlong.com DSP 论坛：www.51dsp.net

公司总机：020-8998-6280

公司官网：www.tronlong.com

91/140

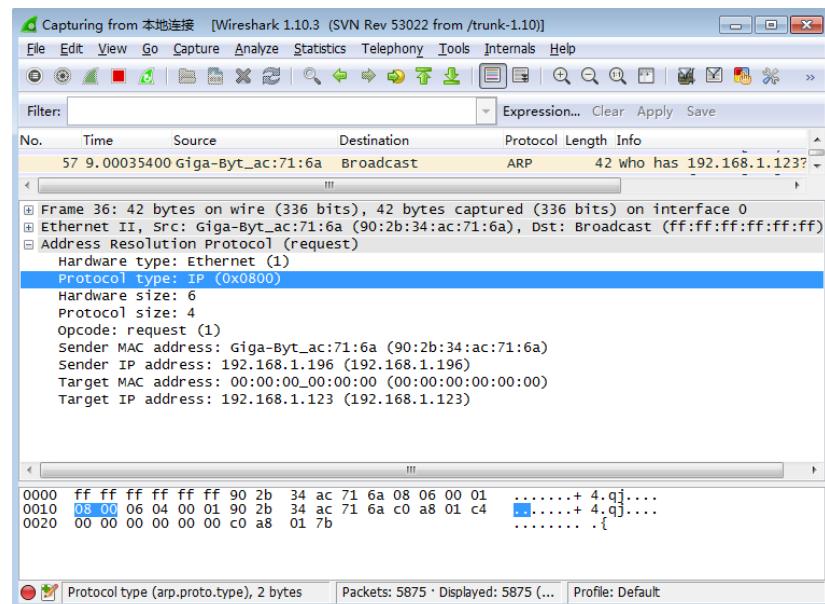


图 129

然后按下图步骤 1->2->3 点击并在步骤 2 中设置需要监控的 IP 地址为 192.168.1.200，如下图所示：

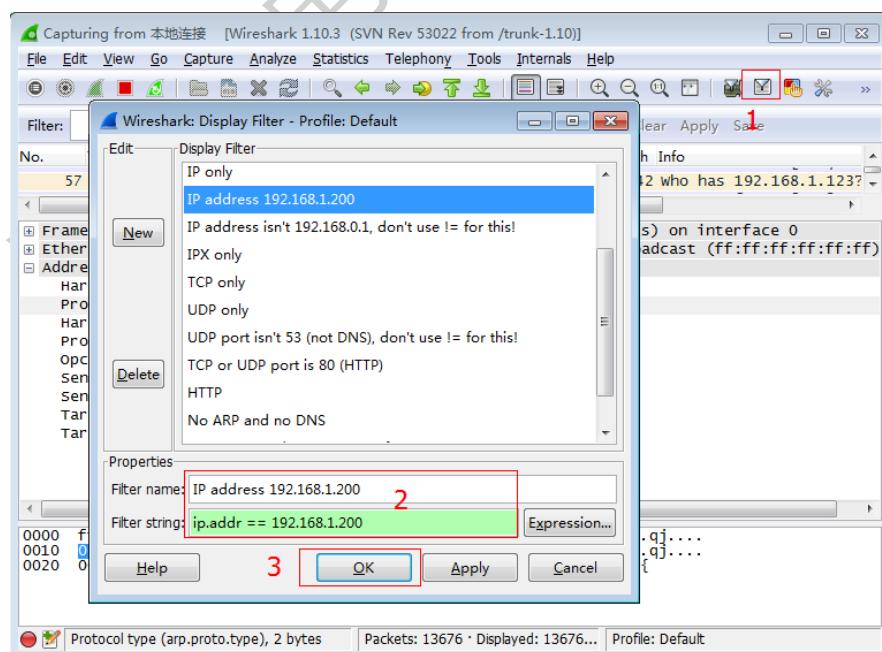


图 130

点击 OK 后弹出如下界面：

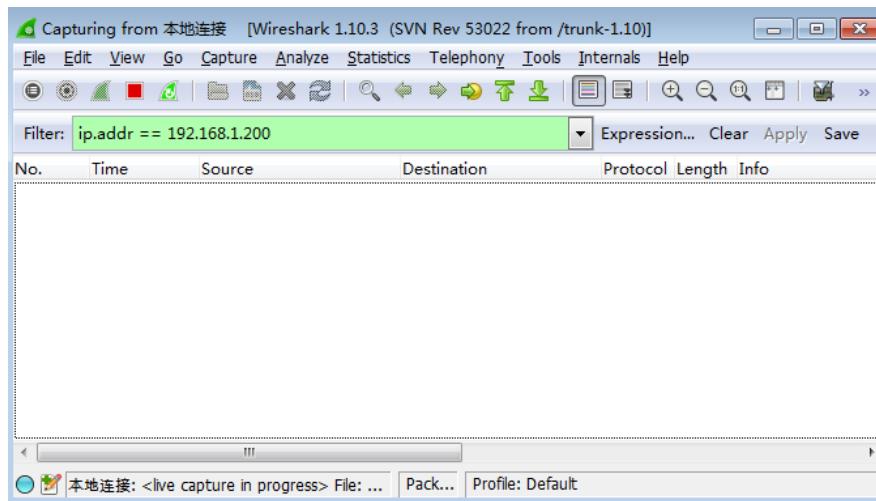
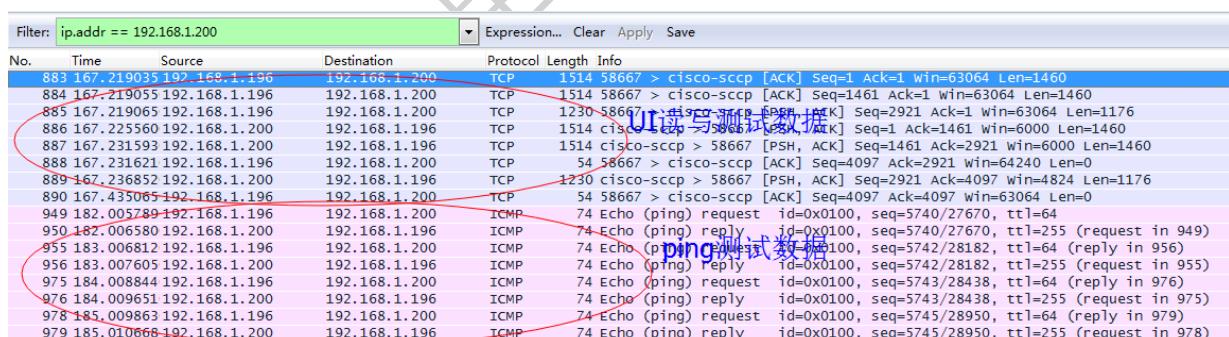


图 131

然后点击 UI 程序中的“读写测试”按钮或者在 PC 中执行"ping 192.168.1.200"命令，Wireshark 会打印监听到的信息，如下图所示：



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
883	167.219035	192.168.1.196	192.168.1.200	TCP	1514	58667 > Cisco-SCCP [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=63064 Len=1460
884	167.219055	192.168.1.196	192.168.1.200	TCP	1514	58667 > Cisco-SCCP [ACK] Seq=1461 Ack=1 Win=63064 Len=1460
885	167.219065	192.168.1.196	192.168.1.200	TCP	1230	58667 > Cisco-SCCP [ACK] Seq=2921 Ack=1 Win=63064 Len=1176
886	167.225560	192.168.1.200	192.168.1.196	TCP	1514	Cisco-SCCP > 192.168.1.196 [ACK] Seq=1 Ack=1461 Win=6000 Len=1460
887	167.231593	192.168.1.200	192.168.1.196	TCP	1514	Cisco-SCCP > 58667 [PSH, ACK] Seq=1461 Ack=2921 Win=6000 Len=1460
888	167.231621	192.168.1.196	192.168.1.200	TCP	54	58667 > Cisco-SCCP [ACK] Seq=4097 Ack=2921 Win=64240 Len=0
889	167.236852	192.168.1.200	192.168.1.196	TCP	1230	Cisco-SCCP > 58667 [PSH, ACK] Seq=2921 Ack=4097 Win=4824 Len=1176
890	167.435065	192.168.1.196	192.168.1.200	TCP	54	58667 > Cisco-SCCP [ACK] Seq=4097 Ack=4097 Win=63064 Len=0
949	182.005789	192.168.1.196	192.168.1.200	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0100, seq=5740/27670, ttl=64
950	182.006580	192.168.1.200	192.168.1.196	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0100, seq=5740/27670, ttl=255 (request in 949)
955	183.006812	192.168.1.196	192.168.1.200	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0100, seq=5742/28182, ttl=64 (reply in 956)
956	183.007605	192.168.1.200	192.168.1.196	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0100, seq=5742/28182, ttl=255 (request in 955)
975	184.008844	192.168.1.196	192.168.1.200	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0100, seq=5743/28438, ttl=64 (reply in 976)
976	184.009651	192.168.1.200	192.168.1.196	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0100, seq=5743/28438, ttl=255 (request in 975)
978	185.009863	192.168.1.196	192.168.1.200	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0100, seq=5745/28950, ttl=64 (reply in 979)
979	185.010666	192.168.1.200	192.168.1.196	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0100, seq=5745/28950, ttl=255 (request in 978)

图 132

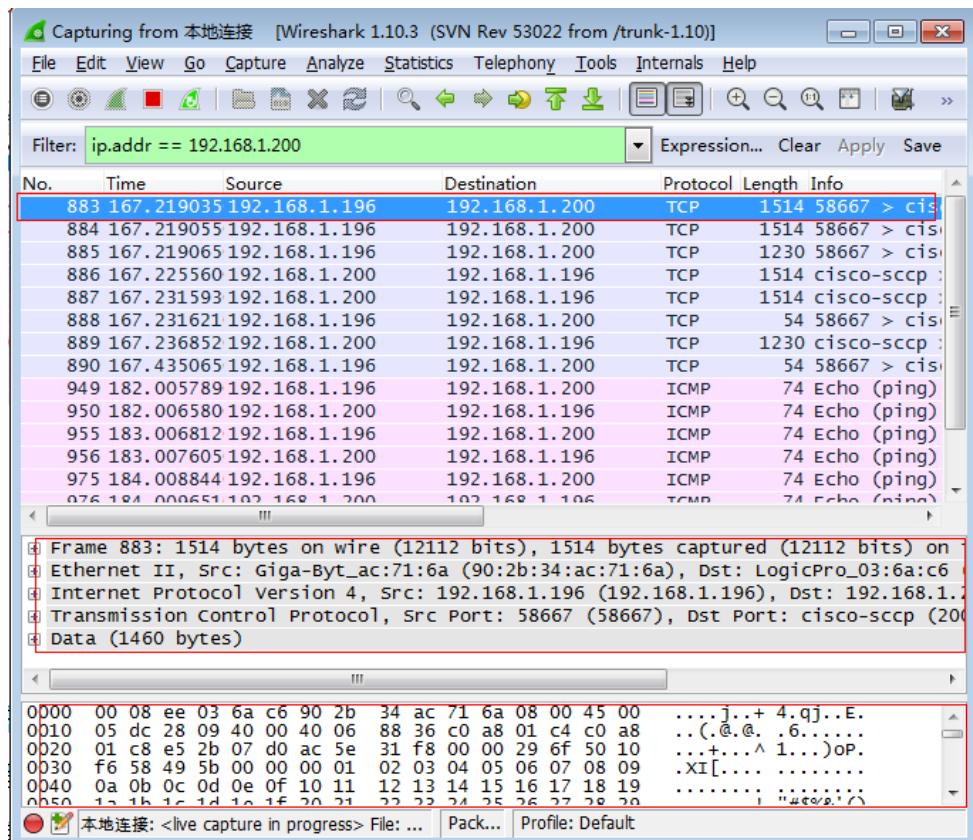


图 133

7.27 AUDIO LINE OUT—Line Out 音频输出

此程序的作用是实现 Line out 音频播放功能，主要演示如何设置 McASP 和 AIC 芯片来播放一段原始音频数据。

按照工程导入步骤加载 AUDIO_LINE_OUT.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮，在 Line out 接口插上耳机。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下信息:



```
=====Test Start=====.
Welcome to StarterWare Audio_Play Demo application.

Please insert microphone to the 'LINE OUT' port of TL6748 EVM.

=====Test End=====.
```

图 134

(2) 耳机重复播放一段声音。

7.28 AUDIO_MIC_IN——Mic In 音频输入

此程序的作用是将从 Mic In 接口输入的音频数据送到 Line Out 接口播放。

按照工程导入步骤加载 AUDIO_MIC_IN.out 文件, 将开发板的 UART2 和 PC 机连接, 在 Line Out CON11 接口插上耳机或者喇叭, 在 Mic In CON10 接口插上 QQ 聊天使用的麦克风, 打开串口调试软件, 设置好波特率为 115200, 数据位 8 位, 停止位 1 位, 检验位无, 流控制无, 然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下信息:

```
=====Test Start=====.
Welcome to StarterWare Audio_MIC_In Demo application.
```

This application loops back the input at MIC_IN of the EVM to the LINE_OUT of the EVM

图 135

(2) 对着麦克风说话的时候, 可以在耳机或者喇叭听到声音。(注: 由于耳机声音较小, 可能无法听到声音, 建议使用喇叭。)

7.29 AUDIO_LINE_IN——Line In 音频输入

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

95/140



此程序的作用是将从 Line In 接口输入的音频数据送到 Line Out 接口播放。

按照工程导入步骤加载 AUDIO_LINE_IN.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，在 Line Out CON11 接口插上耳机或者喇叭。准备一条 3.5mm 两头均为公头的音频线，一头接着开发板的 Line In CON18 音频接口，另外一端接在播放着歌曲的播放器（手机或者 PC 均可）。打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下信息：

```
=====Test Start=====.
Welcome to StarterWare Audio_Line_In Demo application.

This application loops back the input at LINE_IN of the EVM to the LINE_OUT of the EVM
```

图 136

(2) 可以在耳机或者喇叭听到播放器播放的声音。

7.30 McBSP——McBSP 总线数据收发

此程序的作用是实现 McBSP 接口的数据收发功能，将 McBSP 发出去的数据直接采集回来。由于使用 TL6748-EVM 测试 McBSP 不方便，因此使用 TL6748-EasyEVM 演示。

按照工程导入步骤加载 McBSP.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接。将底板 J4 排针的 McBSP0 的数据发送引脚和接收引脚短接，发送帧同步信号和接收帧同步信号短接，即 McBSP0_DX0 和 McBSP0_DR0 短接，McBSP0_FSX0 和 McBSP0_FSR0 短接。如下图所示：

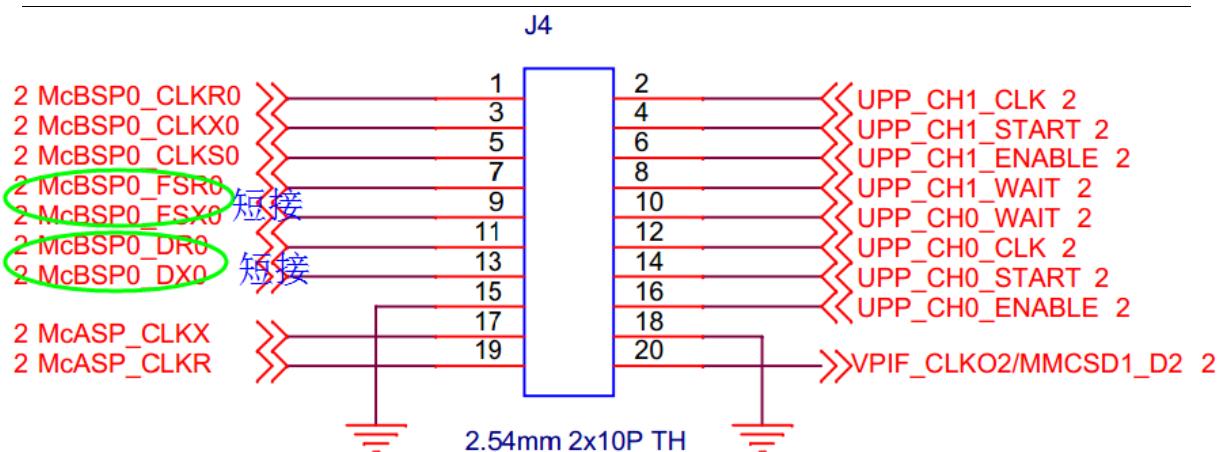


图 137

打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印如下发送的数据信息，说明数据传输成功。

广州创龙电子科技有限公司



1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026

图 138

7.31 VPIF_OV2640——VPIF 总线 CMOS 摄像头数据采集

此程序实现了使用 VPIF 总线去采集 OV2640 摄像头模组的数据并显示在 LCD 上。更多 OV2640 的信息请查阅创龙 CMOS 摄像头模块 TL2640 规格书。

按照工程导入步骤加载 VPIF_OV2640.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接。将 TL2640 模块插到开发板底板的 J3 接口。切勿连接到底板 J2 接口，否则可能会烧坏模块，同时检查是否左右偏移。连接如下图所示：

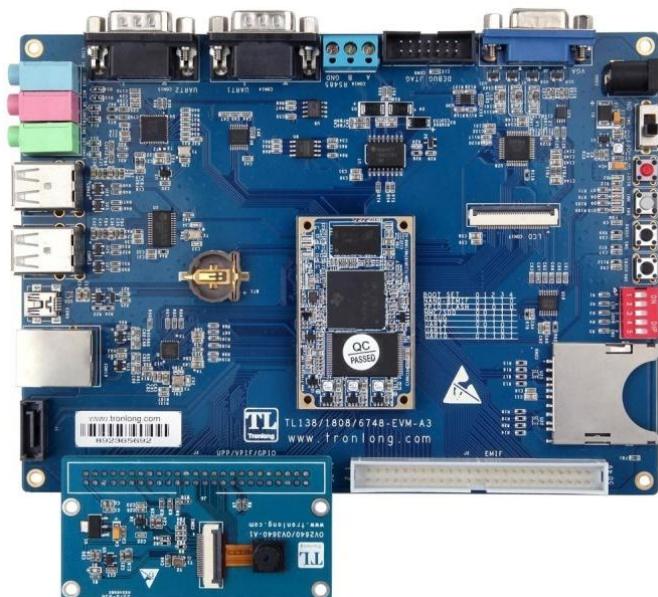


图 139

打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

演示现象

(1) 串口调试终端会打印 CMOS 摄像头 ID 信息，如下图所示：

```
=====Test Start=====.
Welcome to OV2640 Demo application.

0X1C = 7f
0X1D = a2
0X0A = 26
0X0B = 42
```

图 140

(2) LCD 上会显示采集到的图像。

7.32 EMIF_AD7606——EMIF 总线 8 通道并口 AD 数据采集

销售邮箱：sales@tronlong.com 技术邮箱：support@tronlong.com DSP 论坛：www.51dsp.net

公司总机：020-8998-6280

公司官网：www.tronlong.com

99/140

此程序实现了使用 EMIF 总线去读写 AD7606 AD 芯片。AD7606 是 8 通道、16Bit、200K 采样率的 AD 芯片，支持并口/串口读写方式，模块默认为并口模式，采用并口模式采样率可到达 200K 的采样率，采用 SPI 模式采样率只有 100K 左右。强烈建议使用并口模式，这样才能真正发挥 8 通道 AD7606 的同步采样性能。支持 $\pm 10V$ 或 $\pm 5V$ 的双极性信号输入，在电力、仪器仪表等行业应用广泛。更多信息请参考创龙 AD7606 数据采集模块 TL7606 规格书。

通过 AD7606 数据采集模块 TL7606 的 J1 的跳帽设置输入电压的范围为 $\pm 10V$ 或 $\pm 5V$ 。接 0 设置范围为 $\pm 5V$ ，接 1 设置范围为 $\pm 10V$ 。电路图如下：

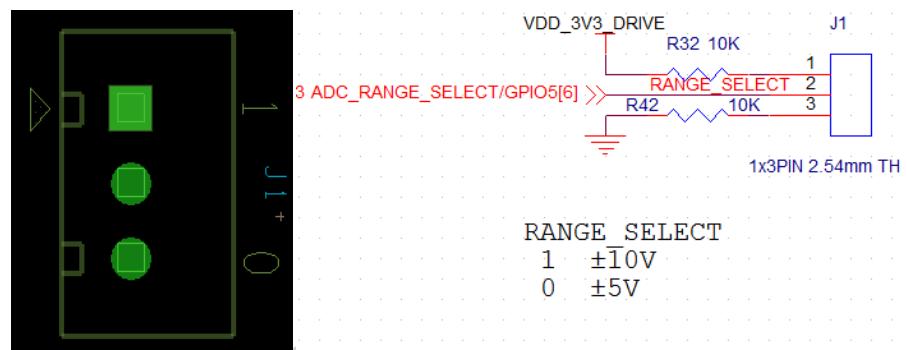


图 141 J1 连接器引脚定义

(1) 连接开发板

将 TL7606 模块插到开发板底板的 J2 接口，如下图所示。切勿连接到底板 J3 接口，否则会烧坏模块，同时检查是否左右偏移。

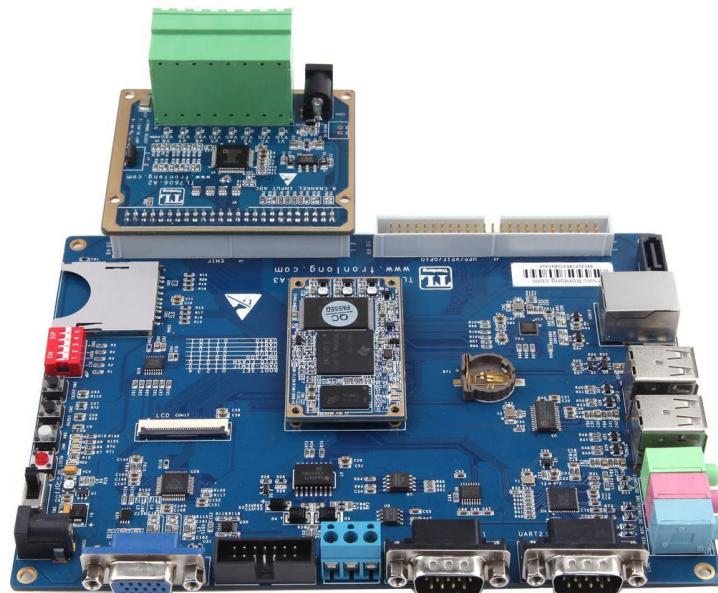


图 142

(2) 接入电压信号和供电电源

将需要采集的电压信号接到对应通道,另一端接到对应的地,例如接到 V1 和 V1GND。

上层信号: V1、V2、V3、V4、V5、V6、V7、V8 (按顺序从左到右) ;

下层信号: V1GND、V2GND、V3GND、V4GND、V5GND、V6GND、V7GND、V8GND (按顺序从左到右) 。

同时使用 5V 2A 电源适配器给模块供电。如下图所示:



图 143

注意：输入电压不能超出已设置的电压范围，否则可能会损坏模块。此处为了测试方便，地只接了 1 个通道的地，8 个通道的地内部是连通的，也将 8 个通道的输入端同时接到了同一个数字输入电源。

(3) 启动开发板

按照工程导入步骤加载 EMIF_AD7606.out 文件，将开发板的 UART2 和 PC 机连接，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

(4) 读取 AD 采样值

串口终端会有类似如下的信息打印出来。



```
AD7606 Test Application.  
AD7606 is ready!  
ch1= 12847  
ch2= 12838  
ch3= 12835  
ch4= 12813  
ch5= 12808  
ch6= 12793  
ch7= 12795  
ch8= 12841
```

图 144

理论值计算方法

例如输入 2.0V 时, 得到的理论值:

Value=32768*2.0/5.0=13107

如需 C6748 与 FPGA 通过 EMIF 通信的源程序和参考设计电路, 见与 C6748 配套的 FPGA 高速数据采集板卡光盘资料。

7.33 EDMA3——EDMA3 一维数据传输

此程序的作用是实现了第三代增强型直接内存存取 EDMA3 一维数据传输功能, 此处使用的例子是数组的拷贝。

按照工程导入步骤加载 EDMA3.out 文件, 然后点击程序运行  按钮。

(1) 串口调试终端会打印信息, 如下图所示:

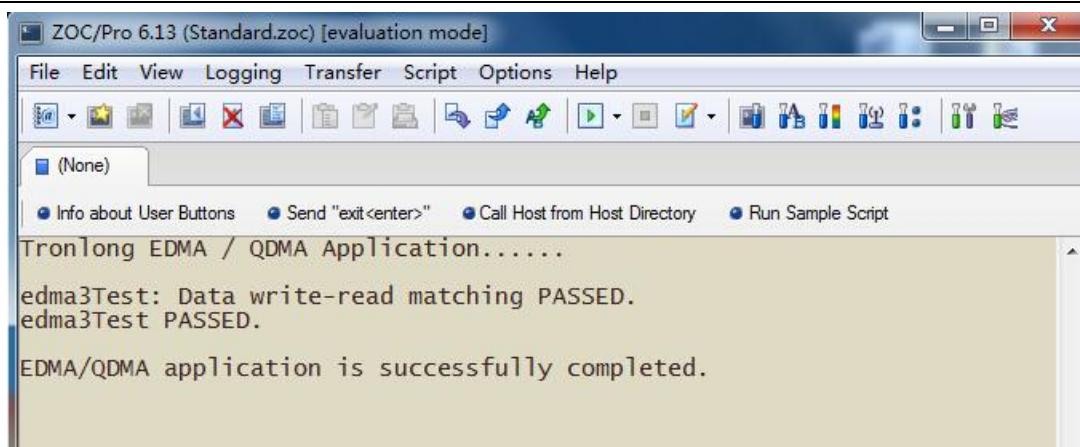


图 145

7.34 EDMA3_TRANSPOSE——EDMA3 二维数据传输

此程序的作用是实现了第三代增强型直接内存存取 EDMA3 二维数据传输功能，此处使用的例子是二维矩阵的行列转置。

按照工程导入步骤加载 EDMA3_TRANSPOSE.out 文件，然后点击程序运行  按钮。

(1) 串口调试终端会打印矩阵转置信息，如下图所示：

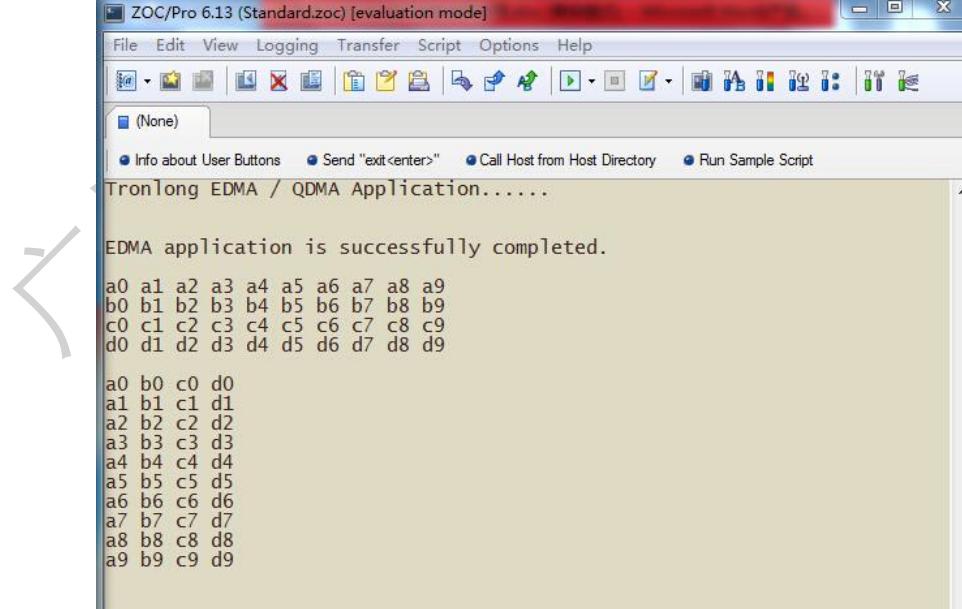


图 146



7.35 uPP——uPP 数据收发

如需 C6748 与 FPGA 通过 uPP 接口通信的源程序和参考设计电路, 请购买与 C6748 配套的 FPGA 高速数据采集板卡。

7.36 SATA——SATA 读写

Coming Soon.

7.37 FFT——快速傅里叶变换/逆变换 (不开缓存)

此程序的作用是实现 FFT 处理功能, 但是没有打开缓存。

按照工程导入步骤加载 FFT.out 文件, 然后点击程序运行  按钮。

CCS 支持绘制多种类型的图表时域图、频域图、瀑布图等等。待测试信号为原始信号做 1K 采样频率进行 1024 个点抽样得到。

信号源公式: $y=5*\sin(2*\pi*150*t)+15*\sin(2*\pi*350*t)$

该信号含有 150Hz 和 350Hz 两种频率分量。

演示步骤现象

点击"Tools->Graph->Single Time"选择单时域信号图, 如下图所示:

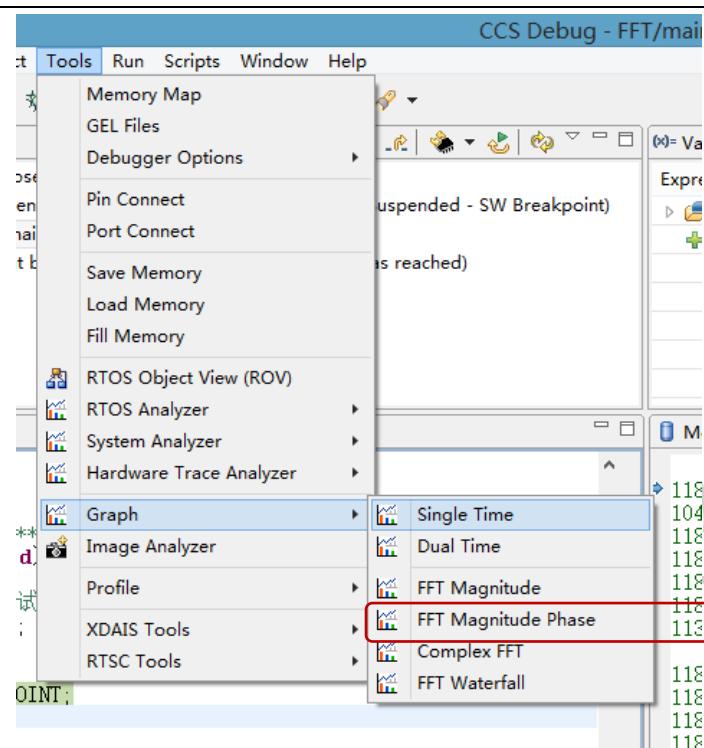


图 147

按照下图进行设置：

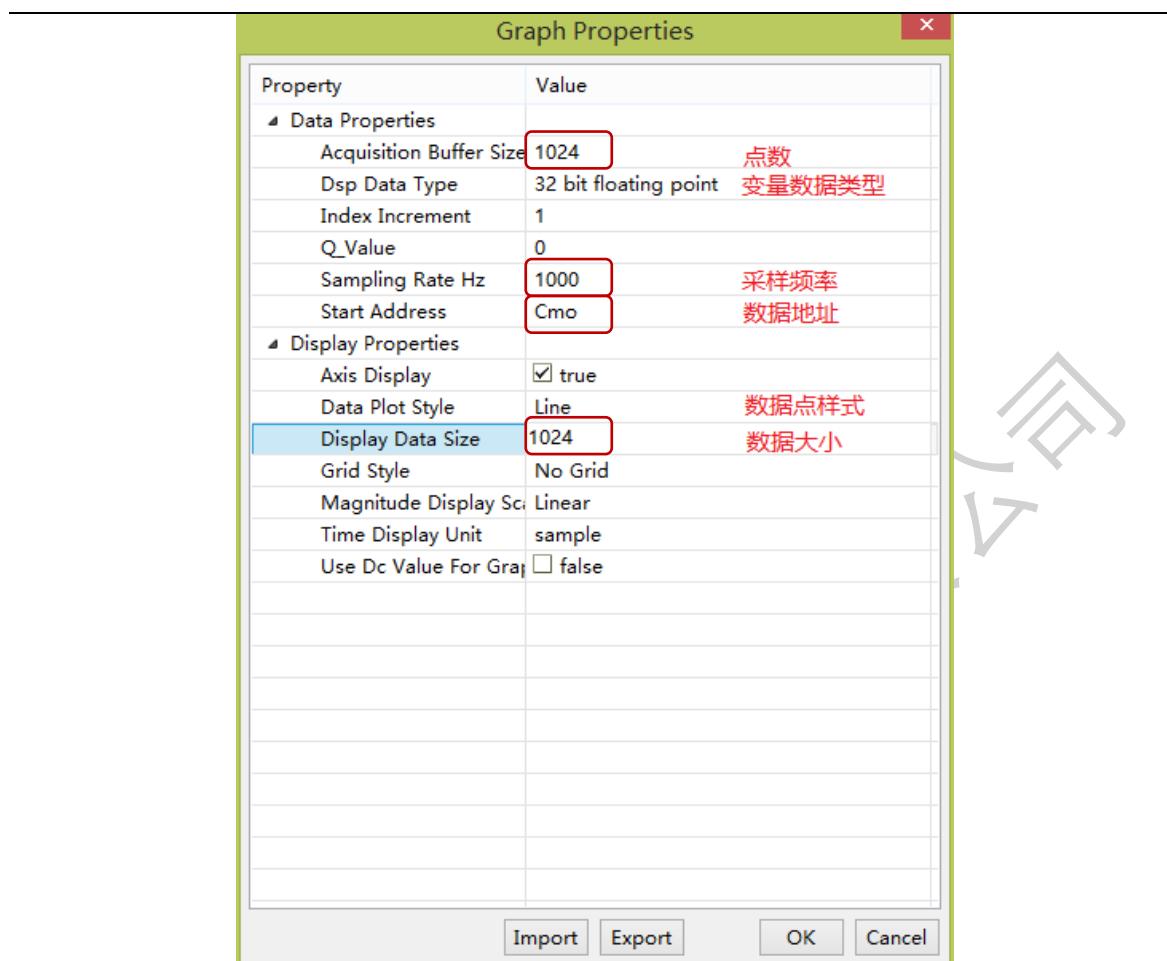


图 148

点击 OK, CCS 界面底部弹出如下界面:

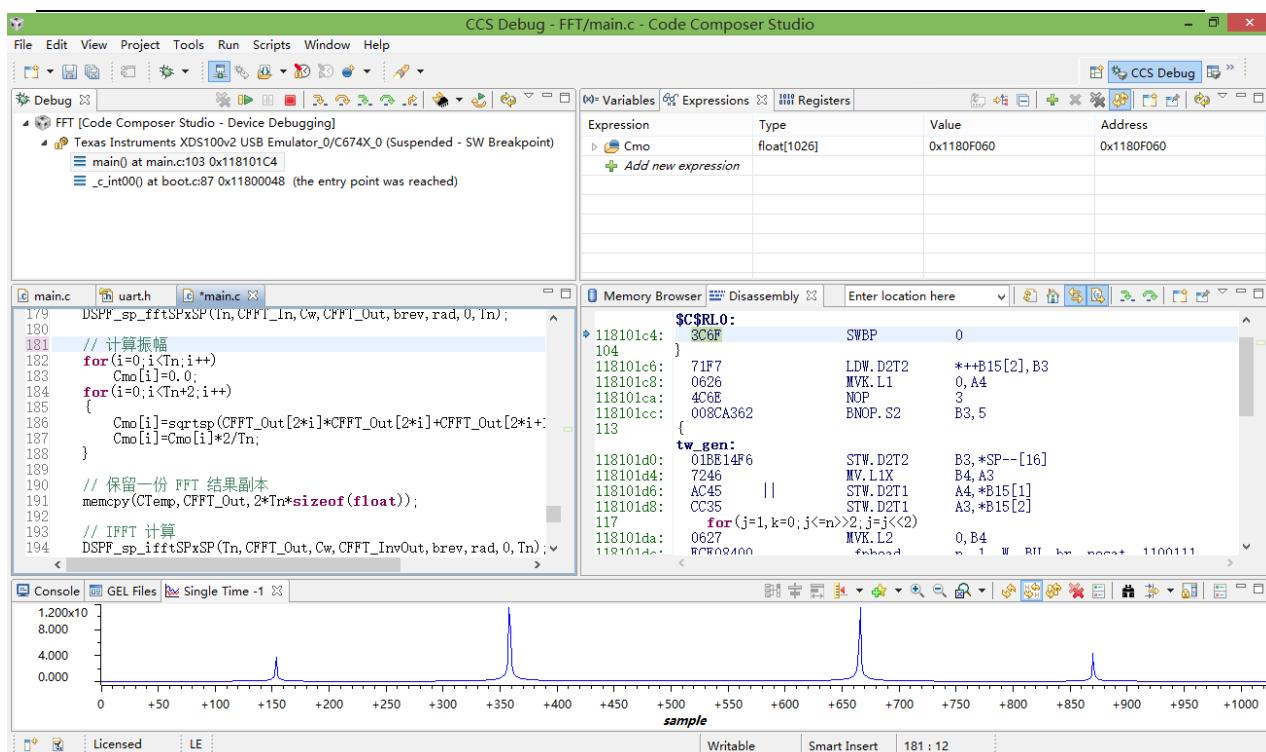


图 149

MATLAB 代码 FFT.m 位于光盘 demo\Application\FFT 目录下，程序如下图：

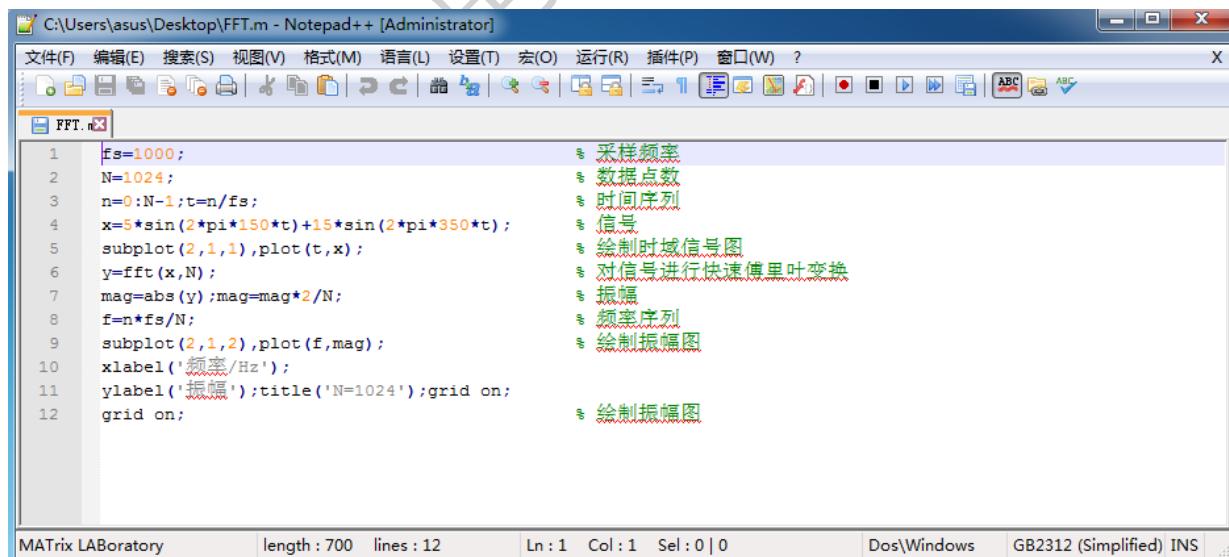


图 150

MATLAB图表如下图：

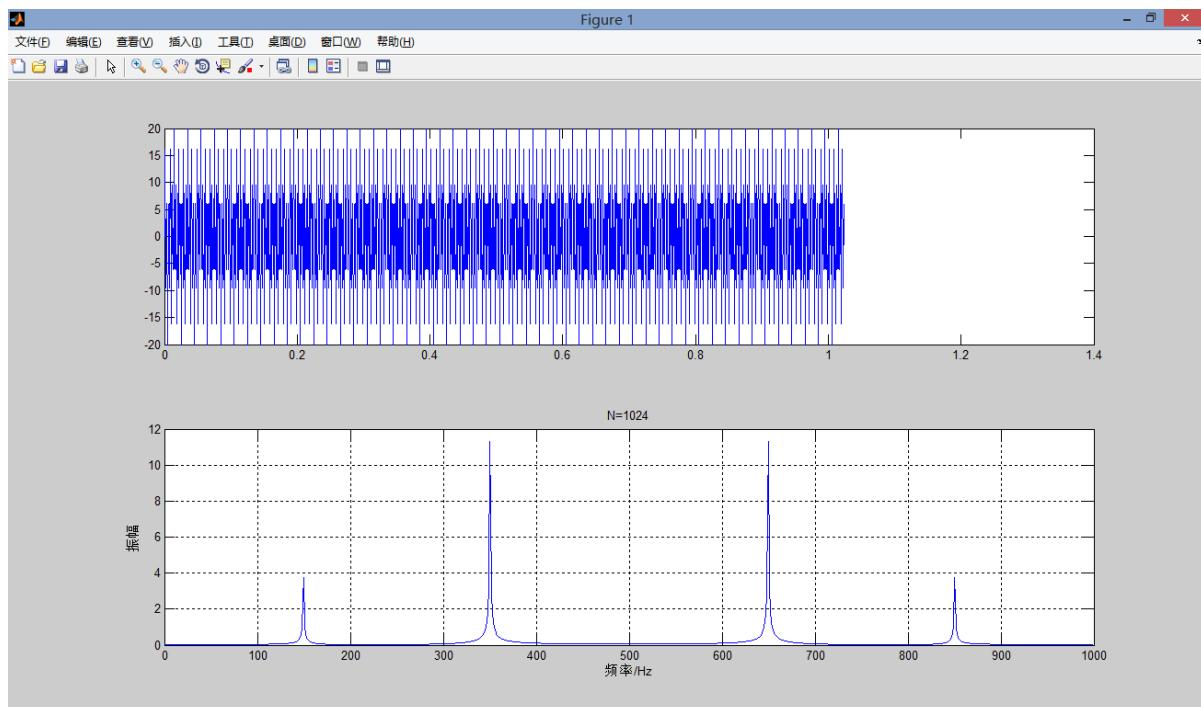


图 151

经对比可以看出经过 DSP C6748 计算的结果与 MATLAB 计算结果一致。

7.38 FFT_Benchmark——快速傅里叶变换/逆变换（打开/关闭缓存速度对比）

此程序的作用是测试快速傅里叶变换/快速傅里叶逆变换处理速度。

按照工程导入步骤加载 FFT_Benchmark.out 文件，打开串口调试软件，设置好波特率为 115200，数据位 8 位，停止位 1 位，检验位无，流控制无，然后点击程序运行  按钮。

信号源公式： $y=2+3\cos(2\pi*50t-(30/180)\pi)+1.5\cos(2\pi*75t+*(90/180)\pi)$

演示现象

(1) 串口会打印测试结果。

Test signal

-Include 2V DC Component

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

109/140



-
- Include 3V AC Component, Frequency: 50Hz Phase: -30 Degree
 - Include 1.5V AC Component, Frequency: 75Hz Phase: 90 Degree
 - Formula: $y=2+3\cos(2\pi*50t-(30/180)\pi)+1.5\cos(2\pi*75t+*(90/180)\pi)$
-

1: 8 Point FFT Test

- Sampling Period: 1s Sampling Frequency: 8Hz Frequency Resolution: 1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0: 54740
- Forward Transformation Execution Time is 120 us (CPU Frequency: 456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0: 19340
- Inverse Transformation Execution Time is 42 us (CPU Frequency: 456MHz)

8 Point FFT Test End

2: 16 Point FFT Test

- Sampling Period: 1s Sampling Frequency: 16Hz Frequency Resolution: 1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0: 87584
- Forward Transformation Execution Time is 192 us (CPU Frequency: 456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0: 36768
- Inverse Transformation Execution Time is 80 us (CPU Frequency: 456MHz)

16 Point FFT Test End

3: 32 Point FFT Test

- Sampling Period: 1s Sampling Frequency: 32Hz Frequency Resolution: 1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0: 178080
- Forward Transformation Execution Time is 390 us (CPU Frequency: 456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0: 76528
- Inverse Transformation Execution Time is 167 us (CPU Frequency: 456MHz)

32 Point FFT Test End



4: 64 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:64Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:359296
- Forward Transformation Execution Time is 787 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:156756
- Inverse Transformation Execution Time is 343 us (CPU Frequency:456MHz)

64 Point FFT Test End

5: 128 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:128Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:736104
- Forward Transformation Execution Time is 1614 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:331420
- Inverse Transformation Execution Time is 726 us (CPU Frequency:456MHz)

128 Point FFT Test End

6: 256 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:256Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:1475636
- Forward Transformation Execution Time is 3236 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:666976
- Inverse Transformation Execution Time is 1462 us (CPU Frequency:456MHz)

256 Point FFT Test End

7: 512 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:512Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:2967564
- Forward Transformation Execution Time is 6507 us (CPU Frequency:456MHz)

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

111/140



-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:1377836

-Inverse Transformation Execution Time is 3021 us (CPU Frequency:456MHz)

512 Point FFT Test End

8: 1024 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:1024Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:5779008

-Forward Transformation Execution Time is 12673 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:2727140

-Inverse Transformation Execution Time is 5980 us (CPU Frequency:456MHz)

1024 Point FFT Test End

9: 2048 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:2048Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:11689464

-Forward Transformation Execution Time is 25634 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:5711332

-Inverse Transformation Execution Time is 12524 us (CPU Frequency:456MHz)

2048 Point FFT Test End

10: 4096 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:4096Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:23317528

-Forward Transformation Execution Time is 51134 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:11448140

-Inverse Transformation Execution Time is 25105 us (CPU Frequency:456MHz)

4096 Point FFT Test End



11: 8192 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:8192Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:47896632
- Forward Transformation Execution Time is 105036 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:24190248
- Inverse Transformation Execution Time is 53048 us (CPU Frequency:456MHz)

8192 Point FFT Test End

12: 16384 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:16384Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:95890300
- Forward Transformation Execution Time is 210285 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:48497568
- Inverse Transformation Execution Time is 106354 us (CPU Frequency:456MHz)

16384 Point FFT Test End

13: 32768 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:32768Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:196861032
- Forward Transformation Execution Time is 431712 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:102089868
- Inverse Transformation Execution Time is 223881 us (CPU Frequency:456MHz)

32768 Point FFT Test End

14: 65536 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:65536Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:394094868

-Forward Transformation Execution Time is 864243 us (CPU Frequency:456MHz)

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

113/140



-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:204606164

-Inverse Transformation Execution Time is 448697 us (CPU Frequency:456MHz)

65536 Point FFT Test End

15: 131072 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:131072Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:809104740

-Forward Transformation Execution Time is 1774352 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:430023512

-Inverse Transformation Execution Time is 943034 us (CPU Frequency:456MHz)

131072 Point FFT Test End

以上是没有使能 L1、L2 缓存的测试结果。可以看到测试 128K 点正变换执行时间为 1774352 us，逆变换执行时间为 943034 us。

将 main.c 文件以下代码去注释，就打开缓存了。

```
// 使能缓存 L1 及 L2
CacheEnableMAR((unsigned int)0xC0000000, (unsigned int)0x20000000);
CacheEnable(L1DCFG_L1DMODE_32K | L1PCFG_L1PMODE_32K | L2CFG_L2MODE_256K);
```

图 152

重新编译和测试的数据如下：

Test signal

-Include 2V DC Component

-Include 3V AC Component, Frequency:50Hz Phase:-30 Degree

-Include 1.5V AC Component, Frequency:75Hz Phase:90 Degree

-Formula: $y=2+3\cos(2\pi*50t-(30/180)\pi)+1.5\cos(2\pi*75t+*(90/180)\pi)$



1: 8 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:8Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:15464
- Forward Transformation Execution Time is 33 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:4360
- Inverse Transformation Execution Time is 9 us (CPU Frequency:456MHz)

8 Point FFT Test End

2: 16 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:16Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:18840
- Forward Transformation Execution Time is 41 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:6556
- Inverse Transformation Execution Time is 14 us (CPU Frequency:456MHz)

16 Point FFT Test End

3: 32 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:32Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:38388
- Forward Transformation Execution Time is 84 us (CPU Frequency:456MHz)
- Inverse Transformation Execution Cycle is 0:13868
- Inverse Transformation Execution Time is 30 us (CPU Frequency:456MHz)

32 Point FFT Test End

4: 64 Point FFT Test

- Sampling Period:1s Sampling Frequency:64Hz Frequency Resolution:1Hz
- Forward Transformation Execution Cycle is 0:78372

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

115/140



-Forward Transformation Execution Time is 171 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:29220

-Inverse Transformation Execution Time is 64 us (CPU Frequency:456MHz)

64 Point FFT Test End

5: 128 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:128Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:157980

-Forward Transformation Execution Time is 346 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:59936

-Inverse Transformation Execution Time is 131 us (CPU Frequency:456MHz)

128 Point FFT Test End

6: 256 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:256Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:317304

-Forward Transformation Execution Time is 695 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:121664

-Inverse Transformation Execution Time is 266 us (CPU Frequency:456MHz)

256 Point FFT Test End

7: 512 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:512Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:636200

-Forward Transformation Execution Time is 1395 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:245552

-Inverse Transformation Execution Time is 538 us (CPU Frequency:456MHz)

512 Point FFT Test End



8: 1024 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:1024Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:1274796

-Forward Transformation Execution Time is 2795 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:493316

-Inverse Transformation Execution Time is 1081 us (CPU Frequency:456MHz)

1024 Point FFT Test End

9: 2048 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:2048Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:2555388

-Forward Transformation Execution Time is 5603 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:993012

-Inverse Transformation Execution Time is 2177 us (CPU Frequency:456MHz)

2048 Point FFT Test End

10: 4096 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:4096Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:5126152

-Forward Transformation Execution Time is 11241 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:2005052

-Inverse Transformation Execution Time is 4397 us (CPU Frequency:456MHz)

4096 Point FFT Test End

11: 8192 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:8192Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:10399768

销售邮箱: sales@tronlong.com 技术邮箱: support@tronlong.com DSP 论坛: www.51dsp.net

公司总机: 020-8998-6280

公司官网: www.tronlong.com

117/140



-Forward Transformation Execution Time is 22806 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:4193816

-Inverse Transformation Execution Time is 9196 us (CPU Frequency:456MHz)

8192 Point FFT Test End

12: 16384 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:16384Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:21118060

-Forward Transformation Execution Time is 46311 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:8459340

-Inverse Transformation Execution Time is 18551 us (CPU Frequency:456MHz)

16384 Point FFT Test End

13: 32768 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:32768Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:45652444

-Forward Transformation Execution Time is 100115 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:20545012

-Inverse Transformation Execution Time is 45054 us (CPU Frequency:456MHz)

32768 Point FFT Test End

14: 65536 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:65536Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:107256472

-Forward Transformation Execution Time is 235211 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:56478452

-Inverse Transformation Execution Time is 123856 us (CPU Frequency:456MHz)

65536 Point FFT Test End



15: 131072 Point FFT Test

-Sampling Period:1s Sampling Frequency:131072Hz Frequency Resolution:1Hz

-Forward Transformation Execution Cycle is 0:218435484

-Forward Transformation Execution Time is 479025 us (CPU Frequency:456MHz)

-Inverse Transformation Execution Cycle is 0:116858320

-Inverse Transformation Execution Time is 256268 us (CPU Frequency:456MHz)

131072 Point FFT Test End

以上是使能 L1、L2 缓存的测试结果。可以看到测试 128K 点正变换执行时间为 479025 us，逆变换执行时间为 256268us。

7.39 FIR——有限长单位冲激响应滤波器

此程序的作用是进行 FIR 有限长单位冲激响应滤波器测试。

按照工程导入步骤加载 FIR.out 文件，然后点击程序运行  按钮，程序会在断点处停下来。

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->Single Time"，在弹出的界面中按下图数值设置参数。

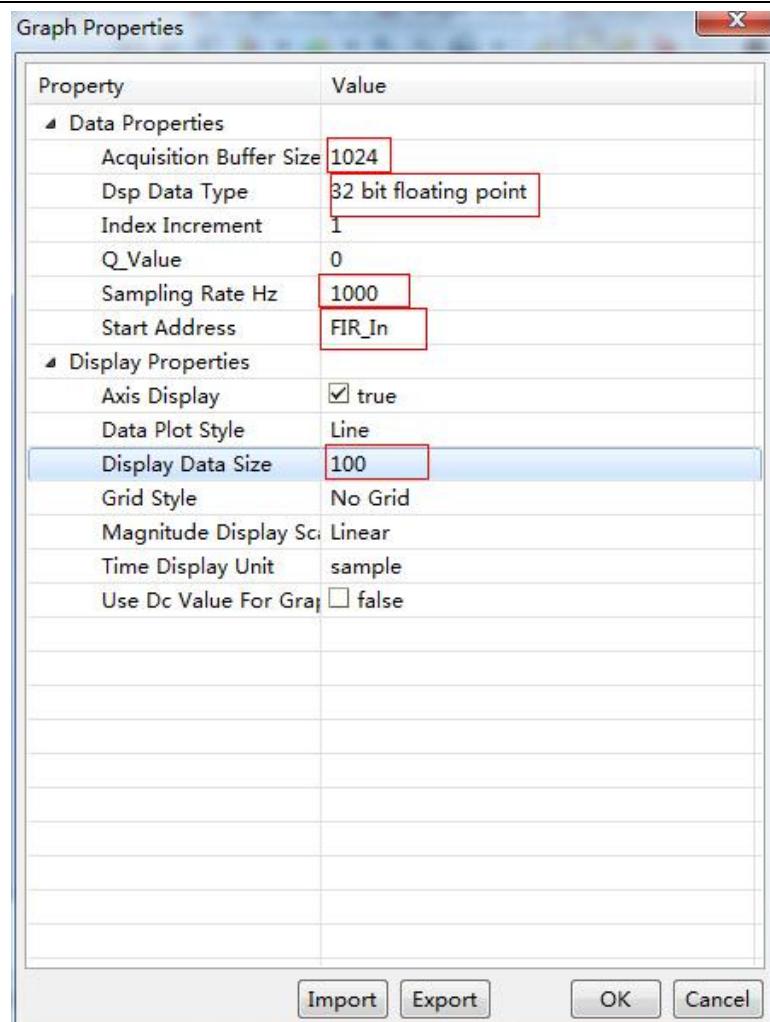


图 153

点击 OK 即可查看原始时域信号+噪声波形，如下图所示：

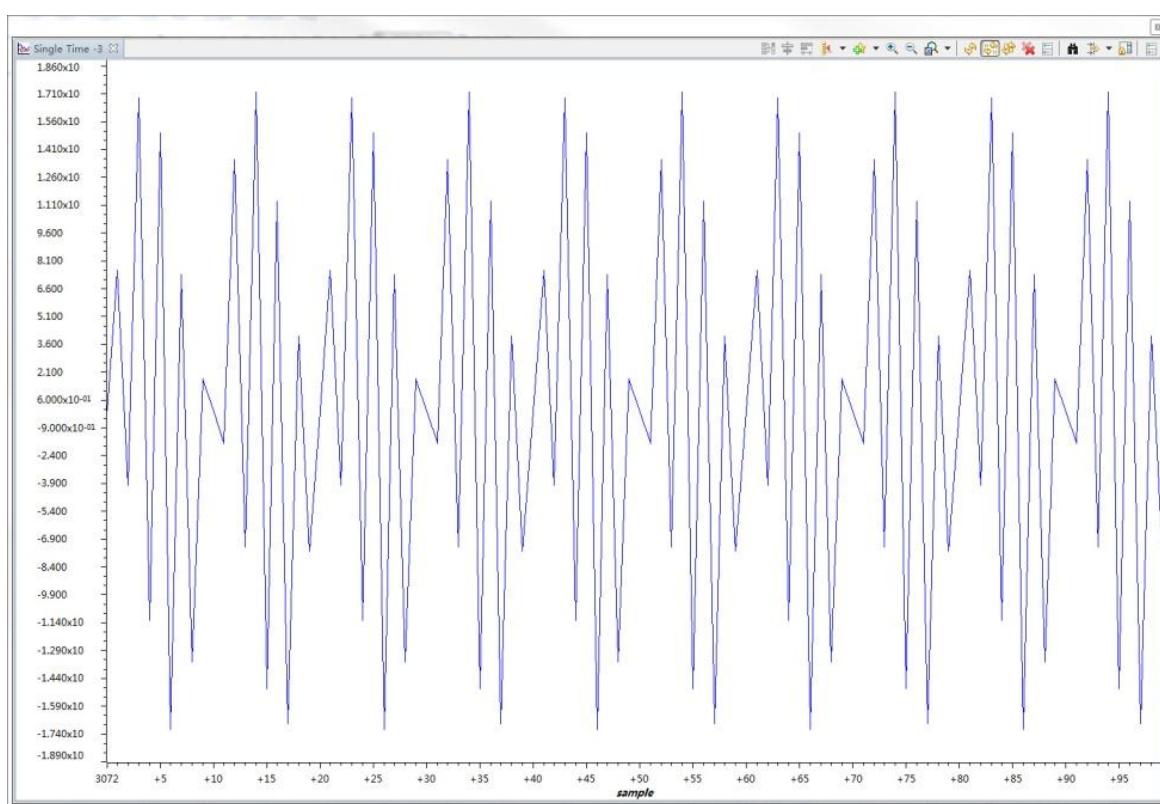


图 154

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->Single Time"，在弹出的界面中按下图数值设置参数。

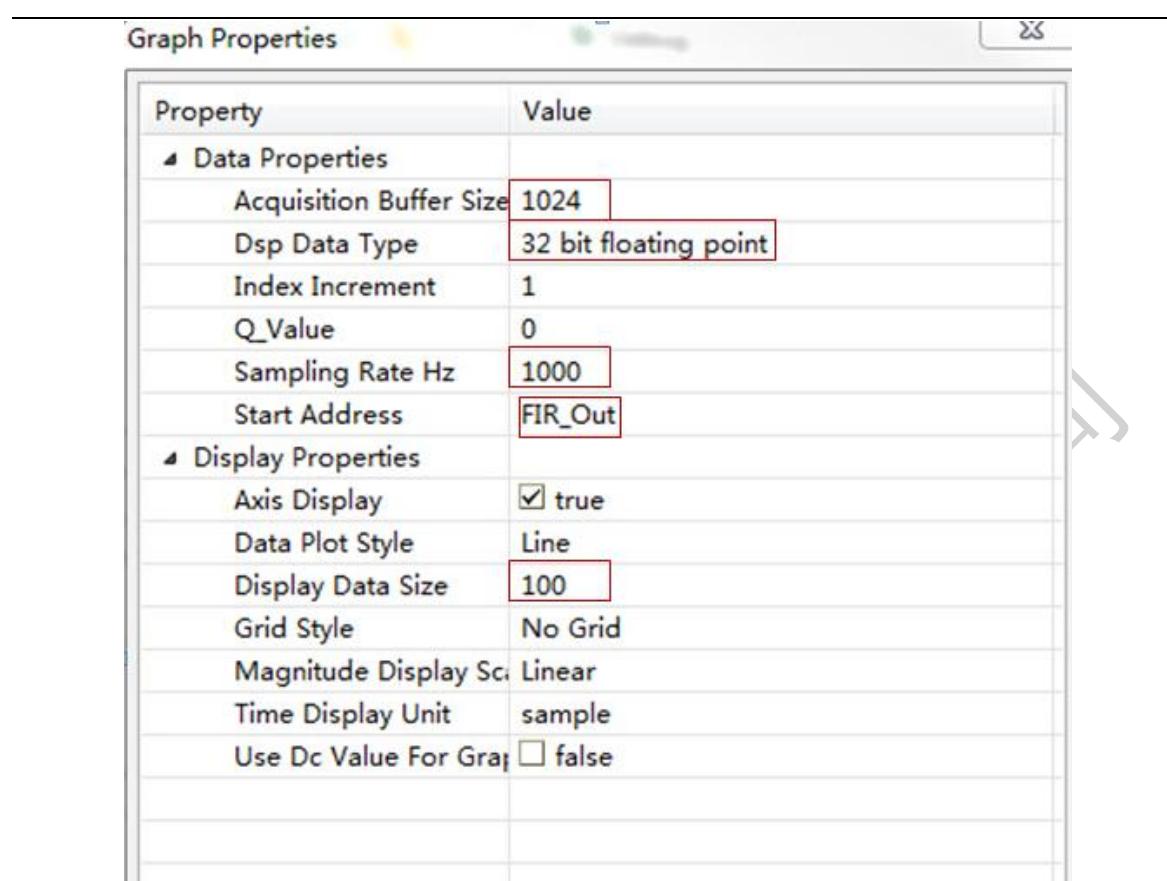


图 155

点击 OK 即可查看滤波后时域信号波形，如下图所示：

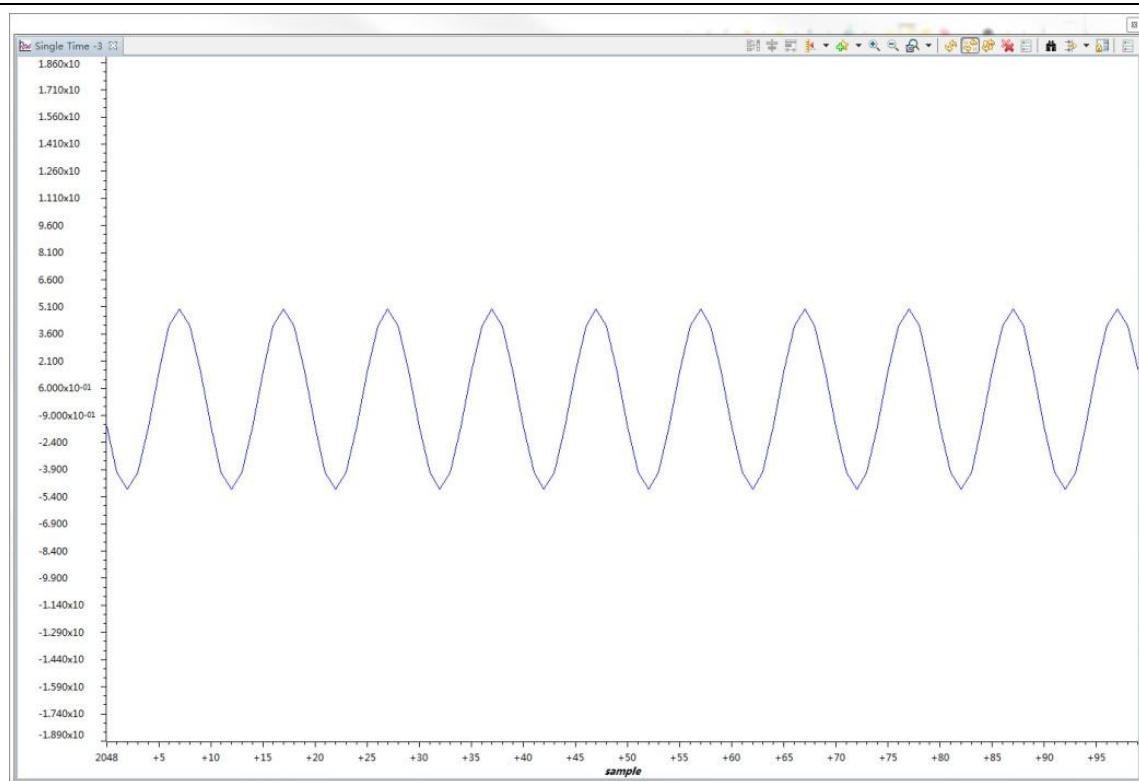


图 156

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->FFT Magnitude"，在弹出的界面中按下图数值设置参数。

广州创龙电子

Property	Value
◆ Data Properties	
Acquisition Buffer Size	1024
Dsp Data Type	32 bit floating point
Index Increment	1
Q_Value	0
Sampling Rate Hz	1000
Signal Type	Real
Start Address	FIR_In
◆ Display Properties	
Axis Display	<input checked="" type="checkbox"/> true
Data Plot Style	Line
Frequency Display Uni	Hz
Grid Style	No Grid
Magnitude Display Sc	Linear
◆ FFT	
FFT Frame Size	32
FFT Order	5
FFT Window Function	Rectangular

图 157

点击 OK 即可查看原始频域信号+噪声波形，如下图所示：

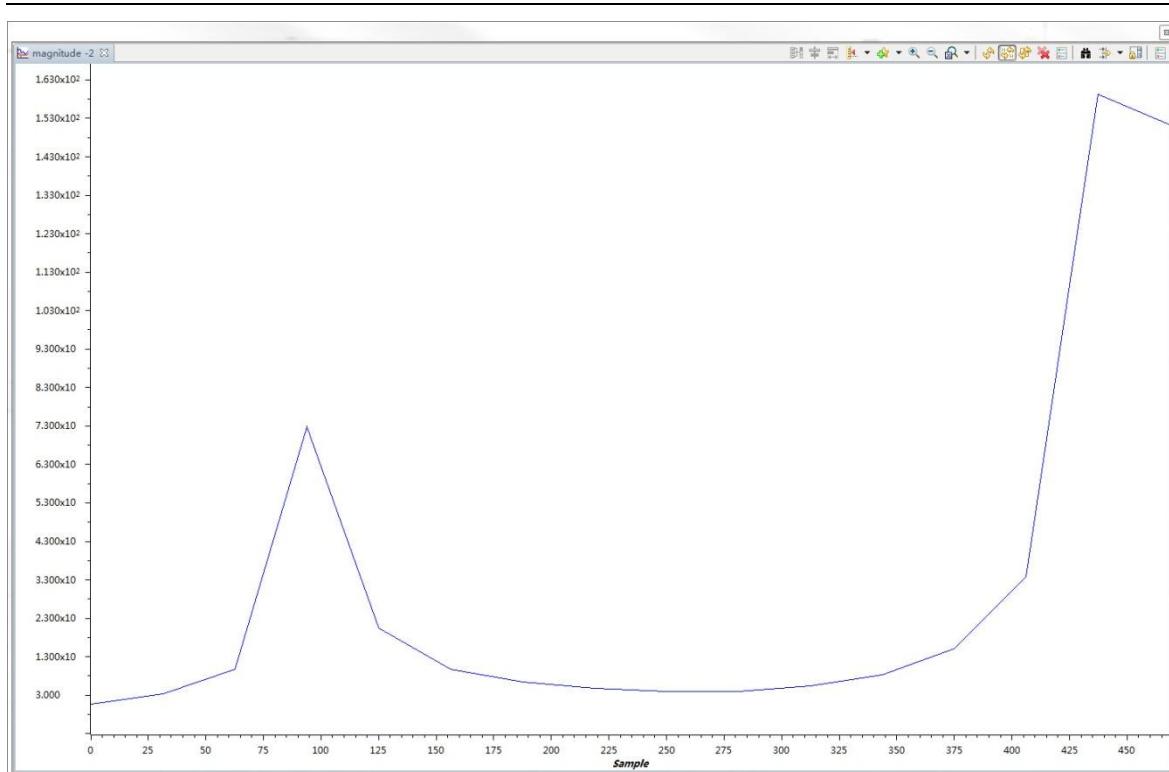


图 158

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->FFT Magnitude"，在弹出的界面中按下图数值设置参数。

Property	Value
◆ Data Properties	
Acquisition Buffer Size	1024
Dsp Data Type	32 bit floating point
Index Increment	1
Q_Value	0
Sampling Rate Hz	1000
Signal Type	Real
Start Address	FIR_Out
◆ Display Properties	
Axis Display	<input checked="" type="checkbox"/> true
Data Plot Style	Line
Frequency Display Uni	Hz
Grid Style	No Grid
Magnitude Display Sc	Linear
◆ FFT	
FFT Frame Size	32
FFT Order	5
FFT Window Function	Rectangular

图 159

点击 OK 即可查看滤波后频域信号波形，如下图所示：

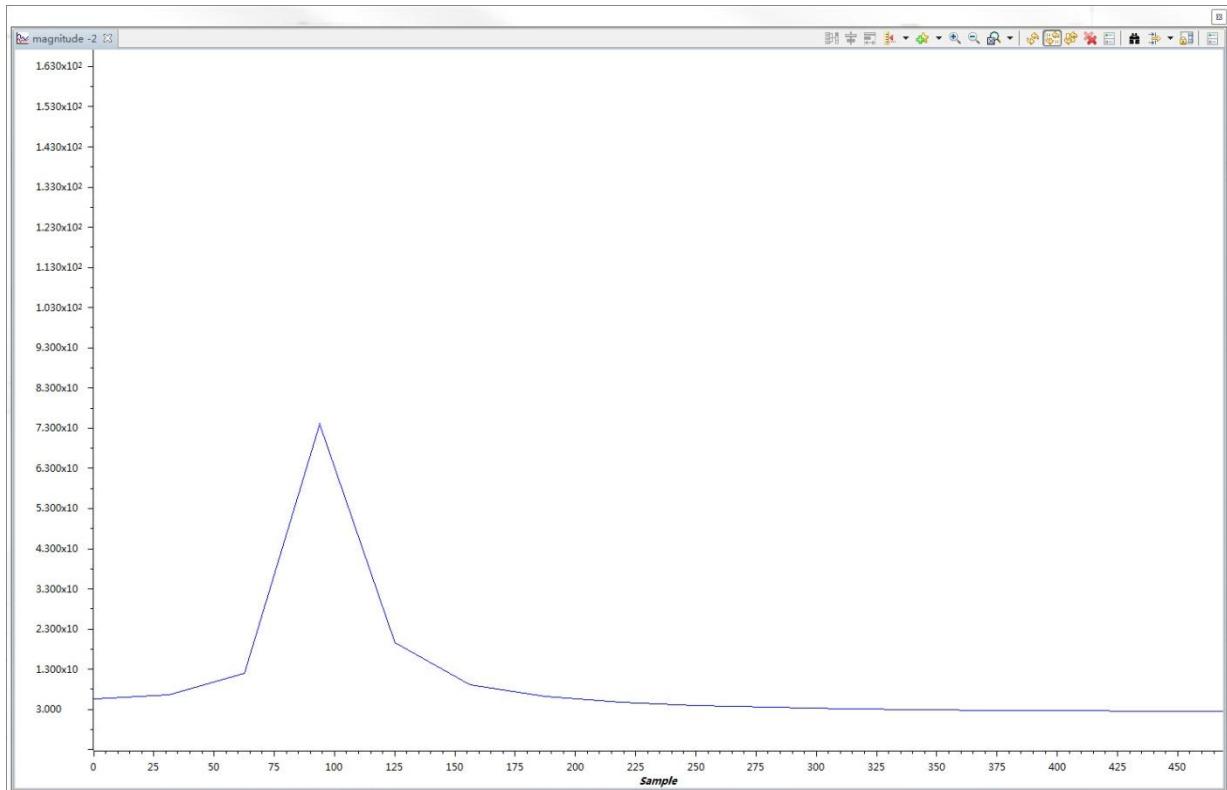


图 160

Matlab FIR 滤波器辅助设计

安装并打开 Matlab R2013a, 打开"Filter Designed & Analysis Tool"工具, 在弹出的界面中按照所需滤波器修改以下参数:

- (1) 滤波器类型: 低通 Lowpass;
- (2) 滤波方式: 等纹波 FIR (Equiripple);
- (3) 滤波器阶数: Specify order (31+1 阶);
- (4) 采样频率: 1000Hz;
- (5) 通带截止频率: 150Hz;
- (6) 阻带截止频率: 350Hz ;

如下图所示:

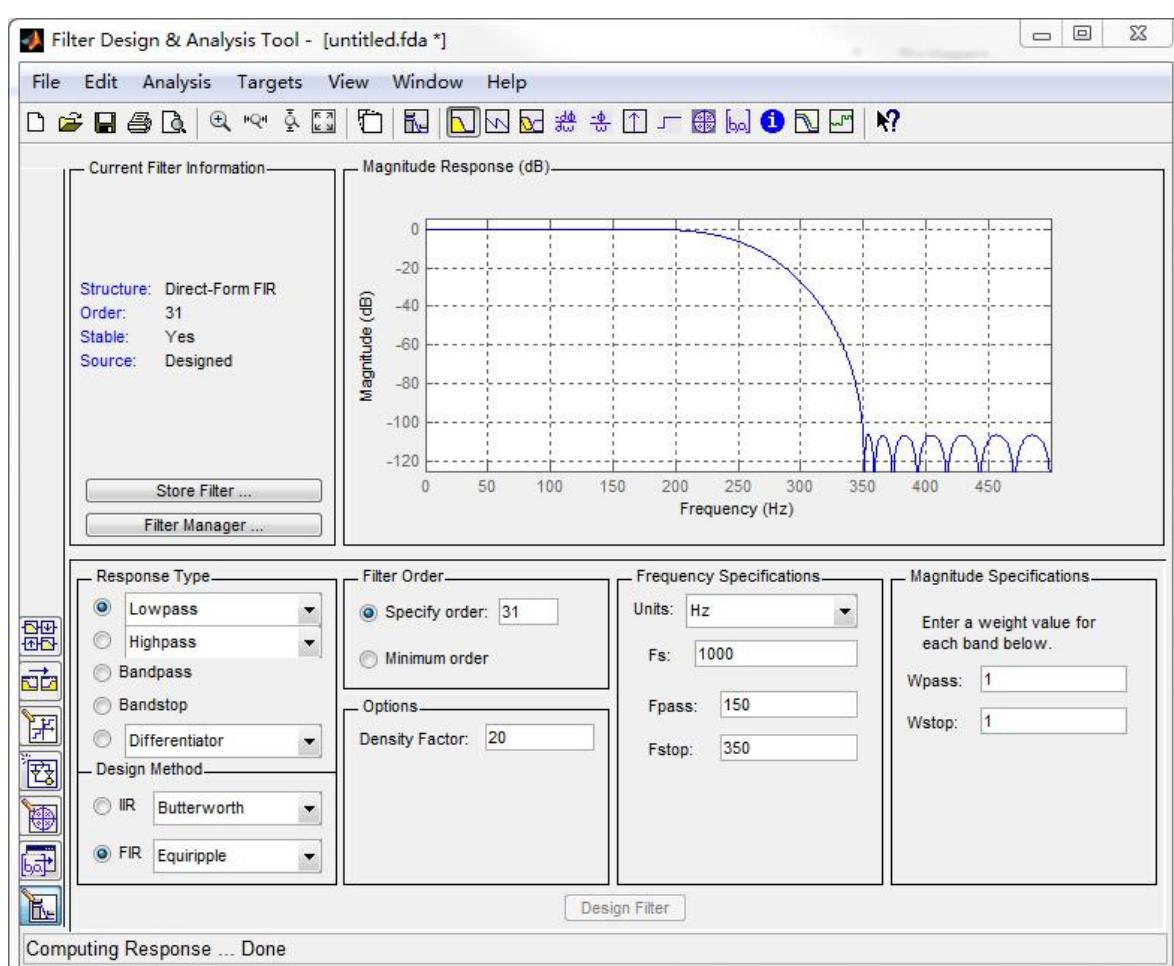


图 161

点击"Filter Designed & Analysis Tool"工具菜单"Target->Generate C Header"，在弹出的窗口中修改"Export as"参数为"Single-precision float"（单精度浮点型），其他设置按下图所示：

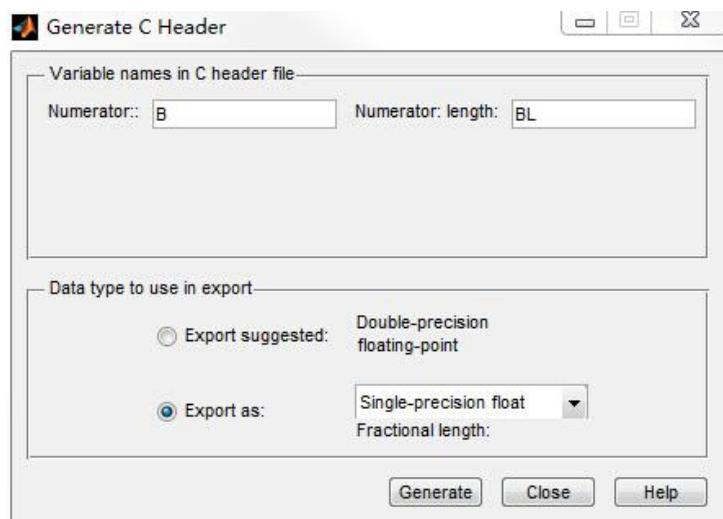


图 162

最后点击 Generate 生成包含滤波器系数的.h 头文件。此头文件的数据用于 FIR 函数，如下图所示：

```
const float B[N] = {
    -5.061877164e-05, -9.336374205e-05, 0.0003678254143, 0.0005914540961, -0.001496405224,
    -0.002226336394, 0.004491201602, 0.006349918433, -0.01111812051, -0.01528073754,
    0.02449801192, 0.03380065784, -0.0527959317, -0.0793820098, 0.1454829872,
    0.4468590915, 0.4468590915, 0.1454829872, -0.0793820098, -0.0527959317,
    0.03380065784, 0.02449801192, -0.01528073754, -0.01111812051, 0.006349918433,
    0.004491201602, -0.002226336394, -0.001496405224, 0.0005914540961, 0.0003678254143,
    -9.336374205e-05, -5.061877164e-05
};
```

图 163

备注：

- (1) 信号频率 100Hz, 噪声频率 450Hz ;
- (2) 若采用 TI C6000 DSP 库开发, 请选用实数 FIR 非优化滤波函数;

7.40 IIR——无限脉冲响应数字滤波器

此程序的作用是进行 IIR 无限脉冲响应数字滤波器测试。

按照工程导入步骤加载 IIR.out 文件，然后点击程序运行  按钮，程序会在断点处停下来。

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->Single Time"，在弹出的界面中点击 Import 按钮，选择 IIR 工程下的 "IIR_Graph\IIR_In_Time.graphProp" 后点击 OK，可以发现在 CCS 底部出现如下原始时域信号+噪声波形：

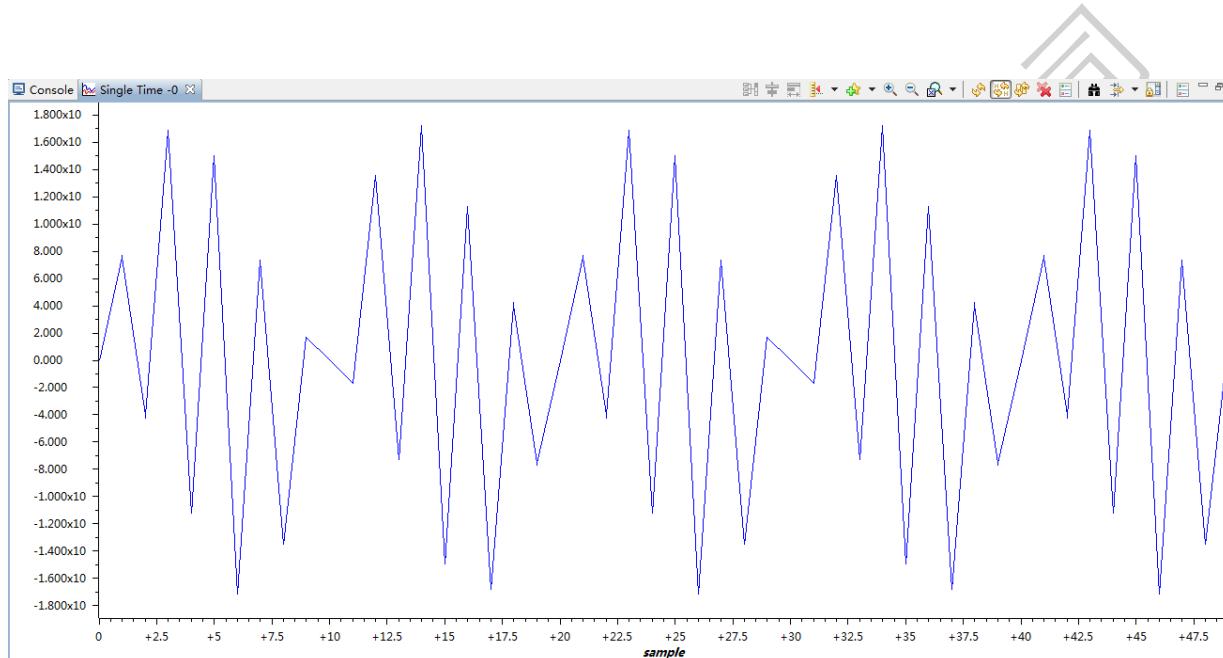


图 164

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->Single Time"，在弹出的界面中点击 Import 按钮，选择 IIR 工程下的 "IIR_Graph\IIR_Out_Time.graphProp" 后点击 OK，可以发现在 CCS 底部出现如下原始时域信号波形：

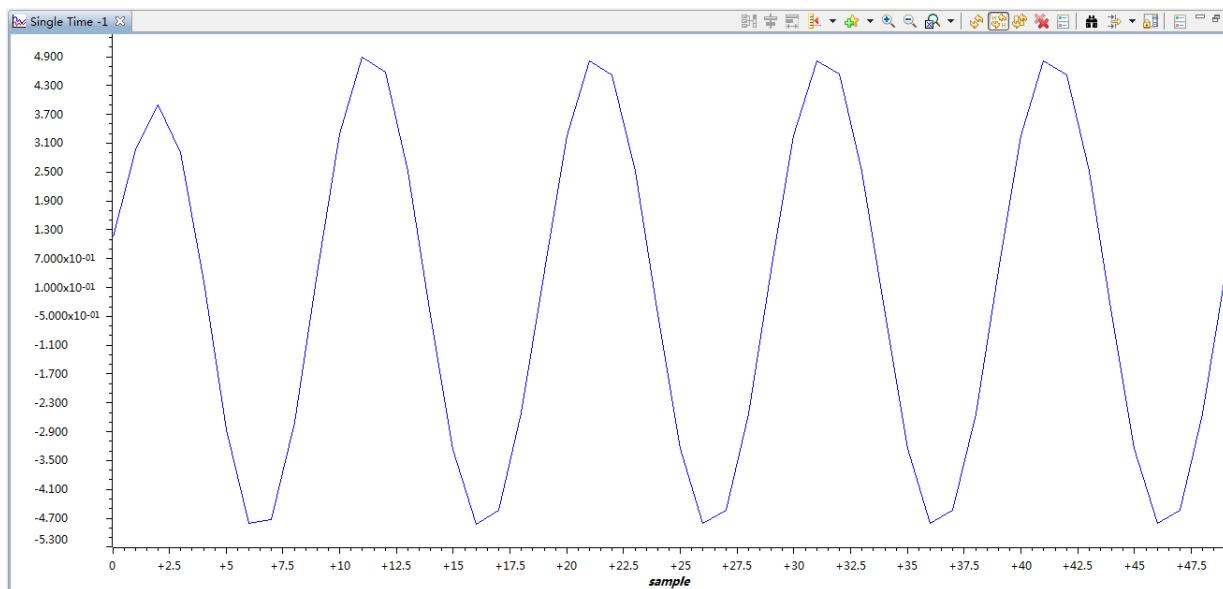


图 165

点击 CCS 菜单 "Tools->Graph->FFT Magnitude"，在弹出的界面中点击 Import 按钮，选择 IIR 工程下的 "IIR_Graph\IIR_In_FFT.graphProp" 后点击 OK，可以发现在 CCS 底部出现如下滤波后频域信号+噪声波形：

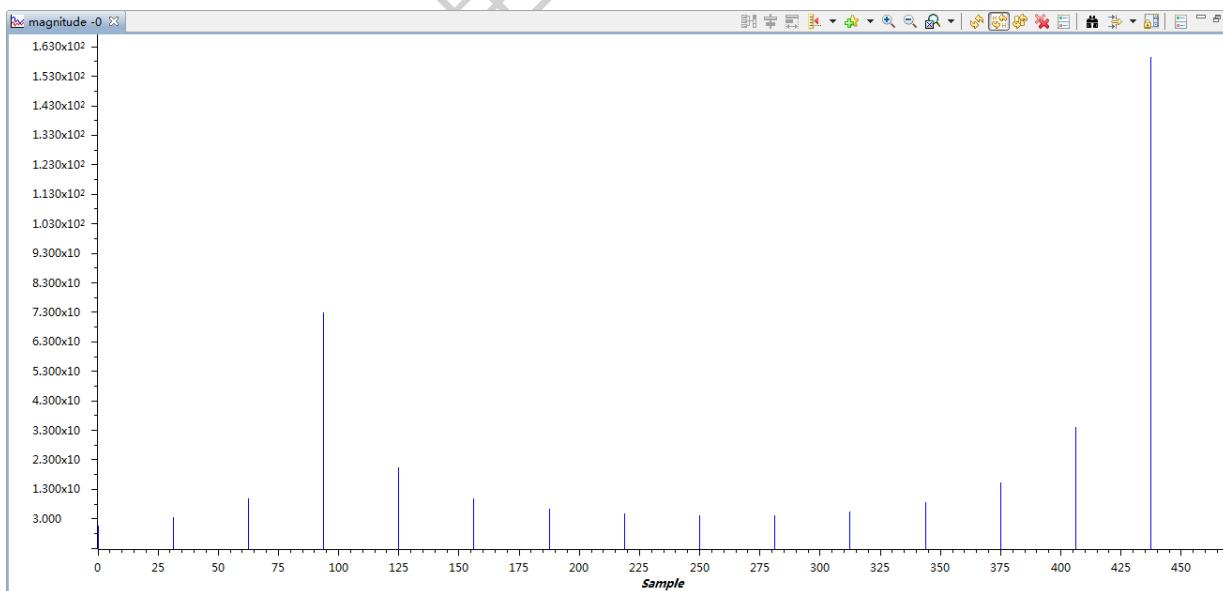


图 166

击 CCS 菜单 "Tools->Graph->FFT Magnitude "，在弹出的界面中点击 Import 按钮，选择 IIR 工程下的 "IIR_Graph\IIR_OuT_FFT.graphProp" 后点击 OK，可以发现在 CCS 底部出现如下滤波后频域信号波形：

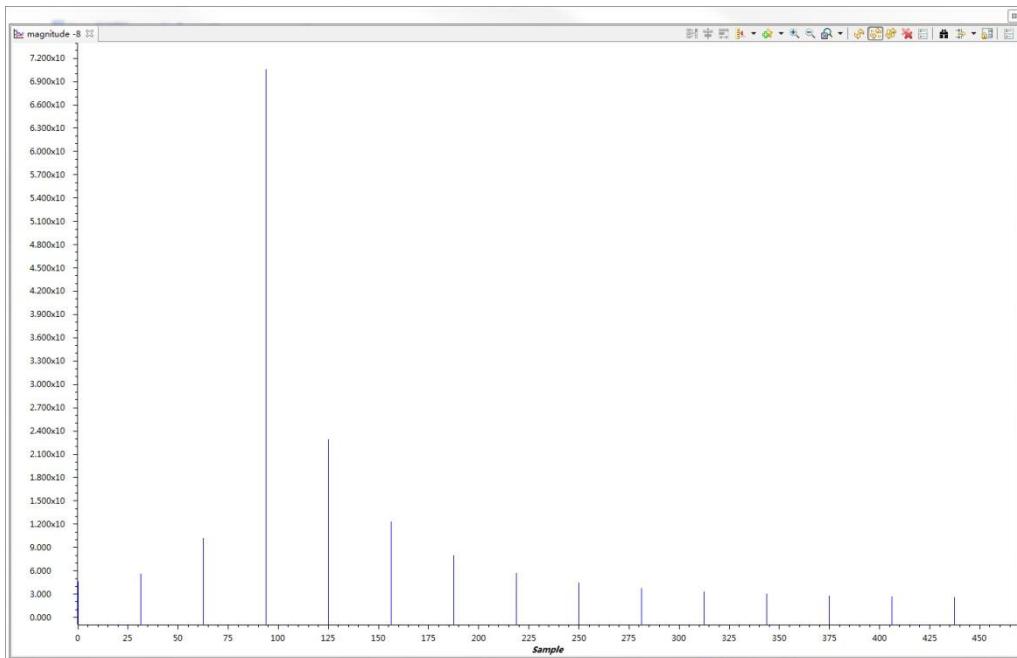


图 167

Matlab IIR 滤波器辅助设计

安装并打开 Matlab R2013a，打开 "Filter Designed & Analysis Tool" 工具，在弹出的界面中按照所需滤波器修改以下参数：

- (1) 滤波器类型：低通 Lowpass；
- (2) 滤波方式：巴特沃斯 IIR (Butterworth)；
- (3) 滤波器阶数：Specify order (4+1 阶)；
- (4) 采样频率：1000Hz；
- (5) 通带截止频率：150Hz；

如下图所示：

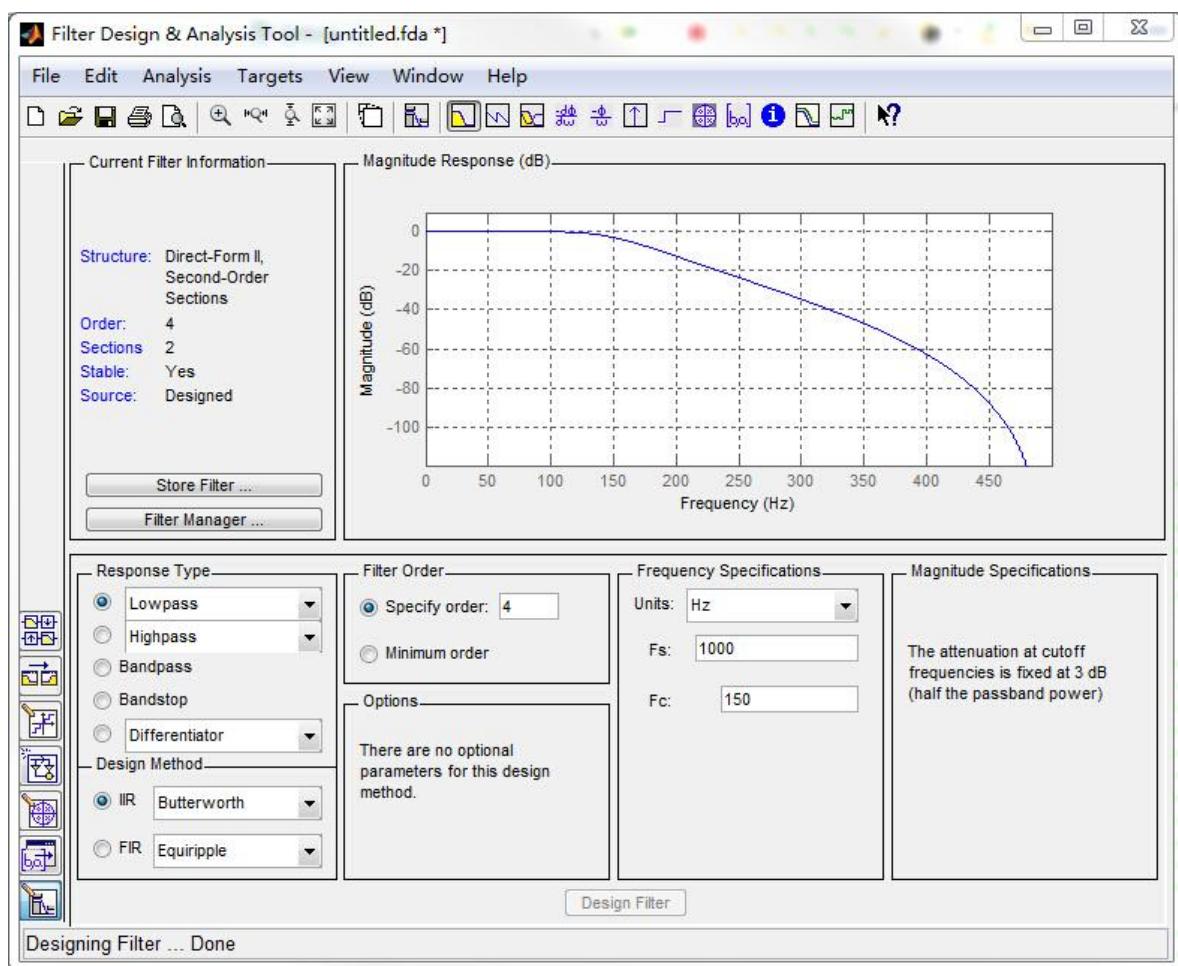


图 168

点击"Filter Designed & Analysis Tool"工具菜单"Target->Generate C Header"，在弹出的窗口中修改"Export as"参数为"Single-precision float"（单精度浮点型），其他设置按照下图所示：

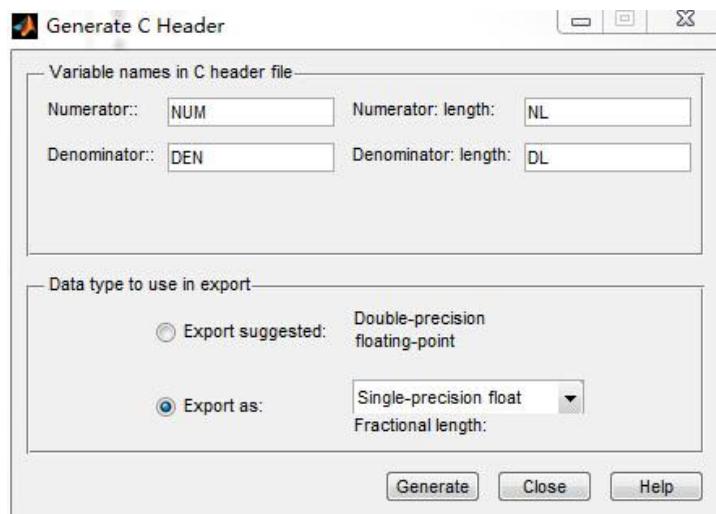


图 169

最后点击 Generate 生成包含滤波器系数的.h 头文件。此头文件的数据用于 IIR 函数，如下图所示：

```
// 滑动平均系数
const int NL = 9;
const float NUM[9] = {0.0185630098, 0.07425203919, 0.1113780662, 0.07425203919, 0.0185630098};
// 自回归系数
const int DL = 9;
const float DEN[9] = {1, -1.570398808, 1.275613308, -0.4844033718, 0.07619706541};
```

图 170

备注：

- (1) 信号频率 100Hz, 噪声频率 450Hz;
- (2) 若采用 TI C6000 DSP 库开发, 请选用实数 IIR 非优化滤波函数;

7.41 Matrix——矩阵运算

此程序的作用是进行 Matrix 矩阵运算测试。

按照工程导入步骤加载 Matrix.out 文件, 然后点击程序运行  按钮, 程序会在断点处停下来。



演示现象

(1) CCS 的 Console 会打印测试结果。

[C674X_0] 矩阵运算测试:

矩阵 A: 4*4

3.0	0.0	7.0	2.0
0.0	0.0	-1.0	-1.0
0.0	2.0	0.0	4.0
1.0	5.0	0.0	2.0

矩阵 B: 4*2

4.0	1.0
0.0	-1.0
1.0	2.0
3.0	-1.0

矩阵 C: 4*4

2.0	1.0	0.0	-3.0
5.0	0.0	-1.0	9.0
4.0	0.0	6.0	-2.0
7.0	0.0	1.0	8.0

矩阵 A 的转置矩阵为:

3.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	2.0	5.0
7.0	-1.0	0.0	0.0
2.0	-1.0	4.0	2.0

矩阵 B 的转置矩阵为:

4.0	0.0	1.0	3.0
-----	-----	-----	-----



1.0 -1.0 2.0 -1.0

矩阵 D=A*B: (外积)

25.0 15.0

-4.0 -1.0

12.0 -6.0

10.0 -6.0

矩阵 E=A.*B: (内积)

6.0 0.0 0.0 -6.0

0.0 0.0 1.0 -9.0

0.0 0.0 0.0 -8.0

7.0 0.0 0.0 16.0

7.42 DCT——图像离散余弦变换

此程序的作用是进行图像离散余弦变换。离散余弦变换类似于离散傅里叶变换，不过离散余弦变换只适用于实数，而图像的离散余弦变换是 JPEG 压缩的核心部分

按照工程导入步骤加载 DCT.out 文件，然后点击程序运行 按钮，程序会在断点处停下来。

打开"Tool-->Image Analyzer"，在弹出的 Image 窗口中，右键选择"Import properties" 选项，选择位于 DCT 工程目录下 Config 文件夹内的 In.txt 配置文件，等待 20 秒左右，在 Image 窗口下可查看原始图像，如下图所示：

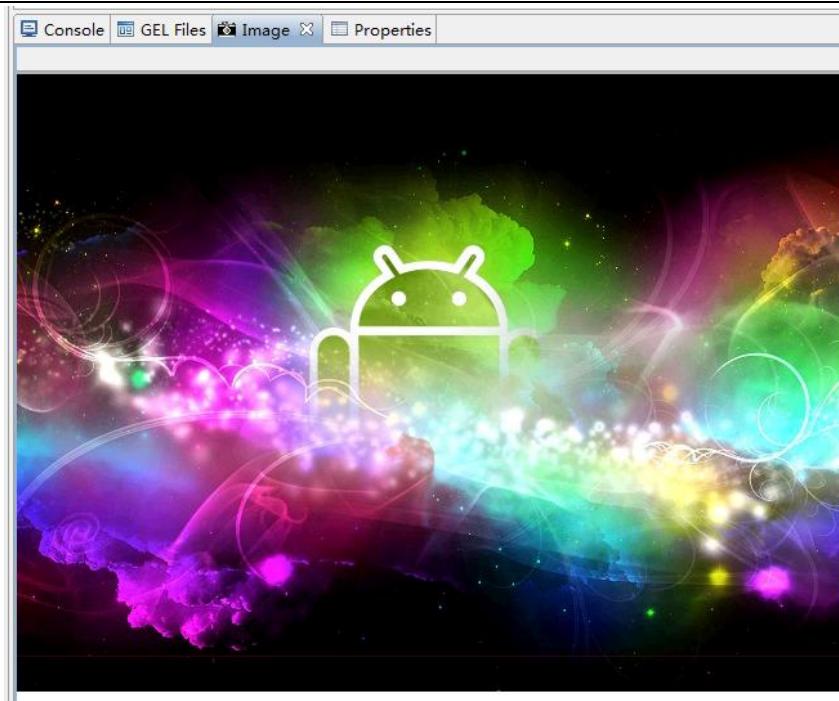


图 171

打开"Tool-->Image Analyzer"，在弹出的 Image 窗口中，右键选择"Import properties" 选项，选择选择位于 DCT 工程 Config 文件夹内的 Out.txt 配置文件，等待 20 秒左右，在 Image 窗口下即可查看经 DCT 变换和 IDCT 变换后的图像，可发现失真很小，如下图所示：

广州创龙电子科技有限公司

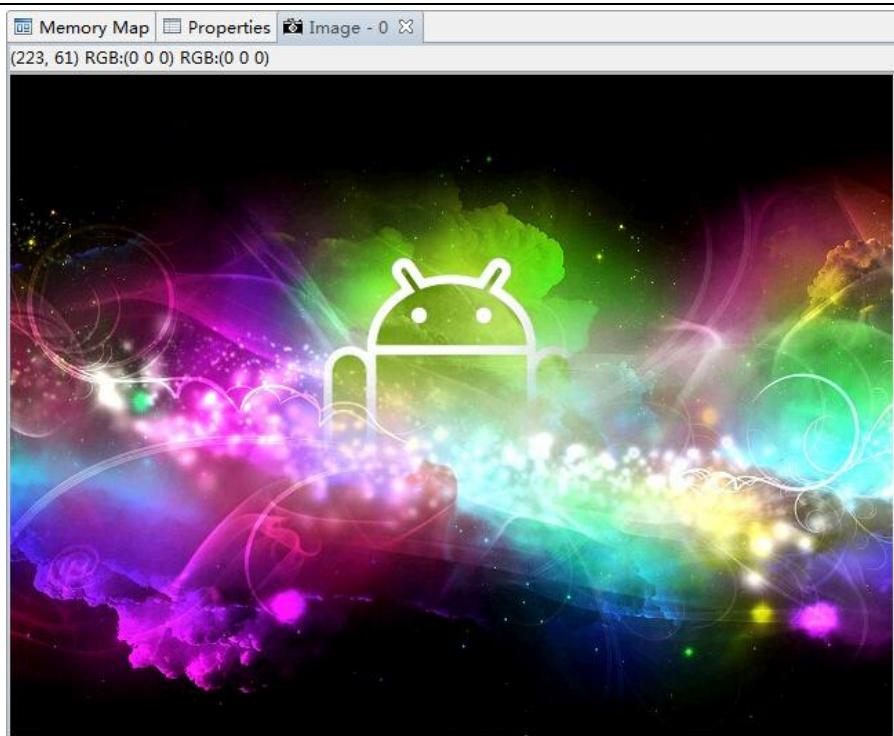


图 172

打开 Img2Lcd.exe 软件，位于光盘 demo\StarterWare\HostApp\Img2Lcd V4.0\目录下，打开程序后点击“打开”按钮打开任意一张需要处理的 640*480 的 bmp 格式图片，如下图：





图 173

在左边填写如下图配置信息，点击“保存”。



图 174

在弹出的界面中选择保存的文件名称为"Pic.h"。

备注：DCT 变换图片长和宽需为 8 的倍数；本次使用图片分辨率为 640*480，颜色为 16 位 RGB565 格式；

图像转为"Pic.h"文件后，把此文件覆盖 DCT 工程的"Pic.h"文件，重新编译后按本例程以上步骤操作就可以得到重新设置的图片效果。

8 更多帮助

销售邮箱：sales@tronlong.com

技术邮箱：support@tronlong.com

创龙总机：020-8998-6280

创龙官网：www.tronlong.com

销售邮箱：sales@tronlong.com 技术邮箱：support@tronlong.com DSP 论坛：www.51dsp.net

公司总机：020-8998-6280

公司官网：www.tronlong.com

139/140



DSP 论坛: www.51dsp.net

TMS320C6748 学习 QQ 群: 162594183、385134684

OMAPL138 学习 QQ 群: 227961486、324023586

TI 中文论坛: <http://www.devisupport.com/>

TI 英文论坛: <http://e2e.ti.com/>

TI 官网: www.ti.com

TI WIKI: <http://processors.wiki.ti.com/>

9 附录 Boot Mode Selection

Table 11. Boot Mode Selection

BOOT[7:0] ^[1]	Boot Mode	AIS
0000 0010	NOR	Yes ^[2]
0xx0 1110 ^[3]	NAND 8	Yes
0xx1 0000 ^{[3][4]}	NAND 16	Yes
00x1 1100 ^{[5][6]}	MMC/SD0	Yes
0000 0000	I2C0 EEPROM	Yes
0000 0110	I2C1 EEPROM	Yes
0000 0001	I2C0 Slave	Yes
0000 0111	I2C1 Slave	Yes
0000 1000	SPI0 EEPROM	Yes
0000 1001	SPI1 EEPROM	Yes
0000 1010	SPI0 Flash	Yes
0000 1100	SPI1 Flash	Yes
0001 0010	SPI0 Slave	Yes
0001 0011	SPI1 Slave	Yes
xxx1 0110 ^[7]	UART0	Yes
xxx1 0111 ^[7]	UART1	Yes
xxx1 0100 ^[7]	UART2	Yes
0000 0100	HPI	No
0001 1110	Emulation Debug	No

图 175