

广州眺望电子科技有限公司

用户手册

TWCore-IMX6DL 评估板

2020/4/3

目录

1. 产品介绍.....	5
1.1 产品简介.....	5
1.2 产品接口布局.....	7
1.3 跳线器与指示灯说明.....	8
1.4 软件特性设备管理.....	9
2. 产品快速使用说明.....	10
2.1 启动选择.....	10
2.2 串口登录.....	10
2.2.1 串口硬件连接.....	10
2.2.2 使用串口终端登录.....	11
2.3 关机和重启.....	13
2.4 查看系统信息.....	13
2.4.1 查看内核版本.....	13
2.4.2 查看内存使用情况.....	14
2.4.3.....	14
查看磁盘使用情况.....	14
2.4.4 查看磁盘分区信息.....	14
2.4.5 查看 CPU 信息.....	14
2.5 网络设置.....	15
2.5.1 获取网络信息.....	15
2.5.2 设置 IP 与子网掩码.....	15
2.5.3 设置默认网关.....	16
2.5.4 关闭/启动网卡.....	16
2.5.5 设置 DNS.....	16
2.5.6 开机自动设置网络参数.....	17
2.5.7 注意事项.....	17
2.6 网络登录.....	17
1. 安装 SecureCRT.....	17
2. 使用 SecureCRT 登录.....	17
2.7 触摸屏校准.....	19
1. 关闭开机自动运行的 QT 示例程序。在命令行下执行如下命令:.....	19
2. 运行触摸屏校准程序 ts_calibrate:.....	19
2.8 USB 鼠标与 USB 键盘使用.....	19
2.9 TF 卡使用.....	20
2.10 U 盘使用.....	20
2.11 与 PC 互传文件.....	21
2.12 LED 测试.....	23
2.13 蜂鸣器测试.....	24
2.14 串口测试.....	24
1. 测试开发板发送数据是否正常。方法如下:.....	26
2. 测试开发板接收数据是否正常。方法如下:.....	26
2.17 WIFI 测试.....	27
1、配置 WIFI 网络.....	27
2、使 WIFI 网络配置生效.....	27
3、测试 WIFI 网络配置.....	27
2.18 时钟设置.....	28
1. 查看系统时钟:.....	28
2. 查看 RTC 时钟:.....	28
3. 设置系统时钟:.....	28
4. 设置 RTC 时钟:.....	28

5. 同步系统时钟:	28
2. 19 摄像头测试	29
1. CSI 接口	29
2. MIPI CSI 接口	29
2. 20 停止示例程序运行	29
3. 组态界面程序开发	30
3.1 组态软件介绍	30
3.2 眺望组态软件的特色	30
3.3 眺望组态软件的使用说明	31
4. Linux 应用程序开发	32
4.1 安装 Linux 操作系统	32
4.1.1 VMware 软件	32
4.1.2 创建和配置虚拟机	36
4.1.3 安装 Ubuntu	42
4.1.4 安装 VMware Tool	46
4.1.5 虚拟机和主机之间传输文件	47
4.2 嵌入式 Linux 开发简介	55
4.3 安装交叉编译器	56
4.4.1 编写 HelloWorld 源程序	56
4.4.2 配置交叉编译器环境	57
4.4.3 编译 helloworld 程序	57
4.4.4 下载程序	57
4.4.5 运行程序	57
4.5 QT 编程	57
4.5.1 QT 介绍	57
4.5.2 安装和配置 Qt Creator	58
4.5.3 Tslib—触摸屏校准	63
4.5.4 Hello,World!	63
4.6 示例程序介绍	69
4.6.1 Hello World	69
4.6.2 LED 示例	70
4.6.3 蜂鸣器示例	70
4.6.4 串口编程示例	70
4.6.5 CAN 编程示例	70
4.6.6 网络编程示例	70
4.6.7 数据库编程示例	72
5. Web 控制系统	73
5.1 嵌入式 Web 开发简介	73
5.1.1 嵌入式 Web 服务器	73
5.1.2 CGI	73
5.2 Boa 服务器	73
5.2.1 Boa 服务器简介	73
5.2.2 编译 Boa 服务器	74
5.2.3 Boa 服务器配置	74
5.3 Web 开发环境搭建	75
5.4 Web 开发实例	75
5.4.1 静态网页	75
5.4.2 使用 CGI 程序的动态网页	76
6. Linux 内核	78
6.1 内核简介	78
6.1.1 概述	78
6.1.2 Linux 内核源码	78
6.1.3 Linux 内核配置系统	79
6.2 编译内核	82

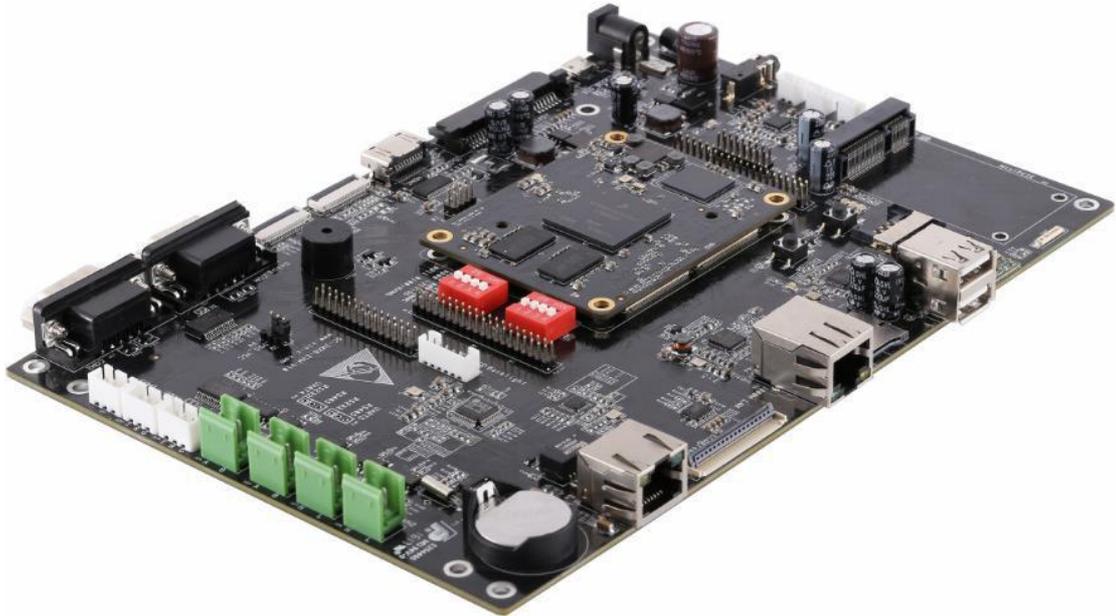
7. 系统恢复与更新.....	84
7.1 烧写系统镜像.....	84
7.1.1 硬件连接.....	84
7.1.2 使用 MtgTools 软件进行烧写.....	85
7.2 烧写 DTB.....	86
7.3 烧写 Linux 操作系统.....	86
8. 免责声明.....	87

1. 产品介绍

1.1 产品简介

TWCore-IMX6DL 为 TWCore-IMX6DL 系列工业级核心板的评估板, 以方便用户评估核心板及 CPU 的性能。

TWCore-IMX6DL 核心板基于 NXP (原 FSL) i.MX6 系列 Cortex™-A9 处理器开发, 支持单核、双核、四核方案。核心板集成大量外设接口, 包括千兆以太网、音频、USB、CAN、UART、HDMI、LVDS、LCD 等接口, 同时整合的多功能 HD 视频引擎可提供 1080P 60fps 视频解码、1080P 30fps 视频编码, 并带有 2D、3D 图形引擎, 可满足消费电子、工业和汽车车载娱乐系统等新一代应用, 以及医疗应用的丰富图形和高响应需求。



硬件参数

TWCore-IMX6DL 板载的外设功能:

- 集成 1 路 10M/100M/1000M 自适应以太网接口
- 集成 1 路 10M/100M 自适应以太网接口
- 集成 5 路应用 RS-232 接口 (其中 1 路为 232 调试串口)
- 集成 2 路 RS-485 接口 (与 RS-232 复用)
- 集成 2 路 CAN-bus 接口
- 集成 2 路 USB Host, 1 路 USB Device
- 集成 USB Wi-Fi
- 集成 1 路 CSI 摄像头接口
- 集成 1 路 MIPI CSI 摄像头接口
- 支持音频输入、输出
- 支持 1 路 LVDS 接口&背光控制

- 支持 HDMI 接口
- 支持液晶显示接口（RGB 信号）
- 支持 MIPI DSI 显示接口
- 支持 4 线电阻触摸屏
- 支持 1 路 TF 卡接口
- 支持 SATA-II 接口
- 集成 1 路 MiniPCIe 接口
- 支持 3G/4G 扩展
- 支持实时时钟与后备电池
- 支持蜂鸣器与板载 LED
- 支持 GPIO 接口
- 直流+12V 电源供电

TWCore-IMX6DL 核心板硬件资源参数:

产品名称	TWCore-IMX6DL 系列核心板
操作系统	Linux、Andriod
处理器	i. MX6S/DL/D/Q
主频	800MHz/1.0GHz（单核、双核、四核）
内存	支持 256MB/512MB/1GB 或更高
电子硬盘	eMMC 4GB 以上或 nandflash
显示分辨率	可支持 1080P
VGA	可提供方案支持
LVDS	支持 2 路单通道或 1 路双通道
LCD	支持, RGB888
HDMI	支持, 1080P
触摸屏	扩展支持 4 线电阻式与电容触摸屏
音频接口	支持
摄像头	1 路 MIPI 接口、1 路 CSI 接口
H. 264	支持硬件编码、解码
USB	2 路 USB2.0
串口	5 路
CAN-Bus	2 路
以太网	1 路, 可支持千兆或百兆
PCIe	1 路

SD 卡接口	2 路
SATA	支持
外部扩展总线	16 位数据线 10 位地址线（复用）
I2C	2 路
PWM	2 路（复用）
SPI	1 路
GPIO	30 路（复用）
机械尺寸	71.1mm*58.9mm

注:受限于评估底板的尺寸与接口布局,核心板部分资源以插针方式引出

1.2 产品接口布局

TWCore-IMX6DL 功能接口布局示意如图 1 所示。

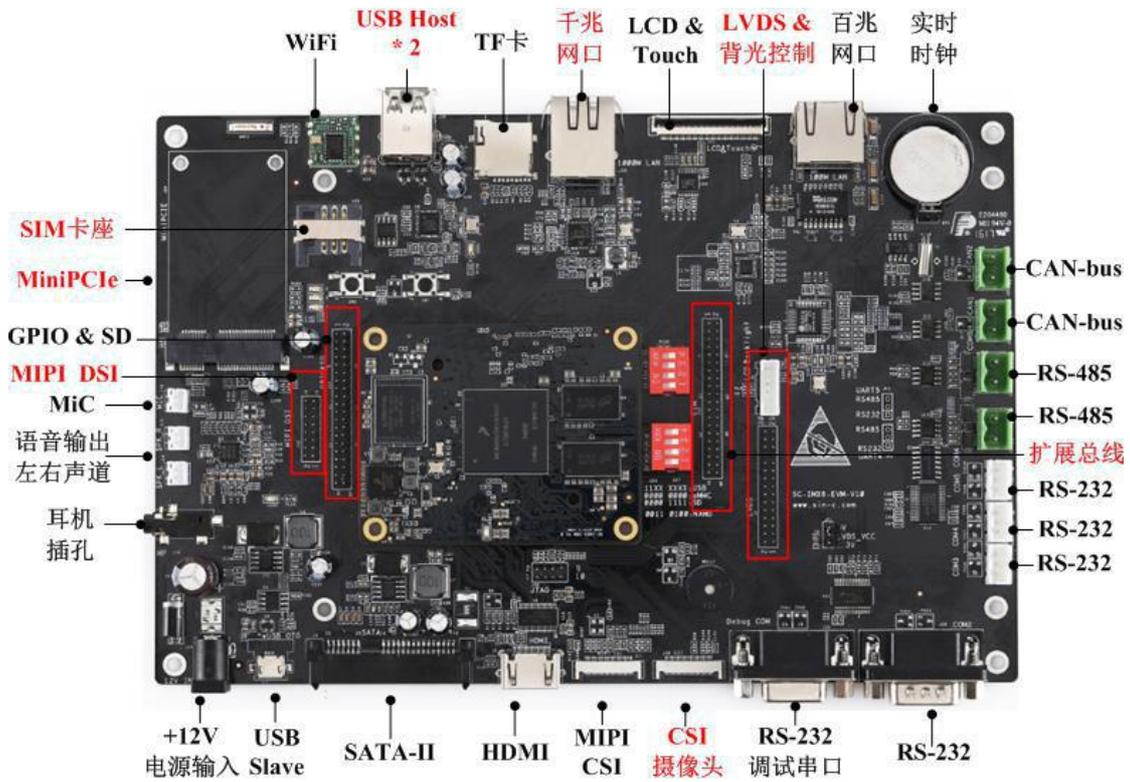


图 1 接口布局图

注:图片仅供参考,以实际销售产品为准

1.3 跳线器与指示灯说明

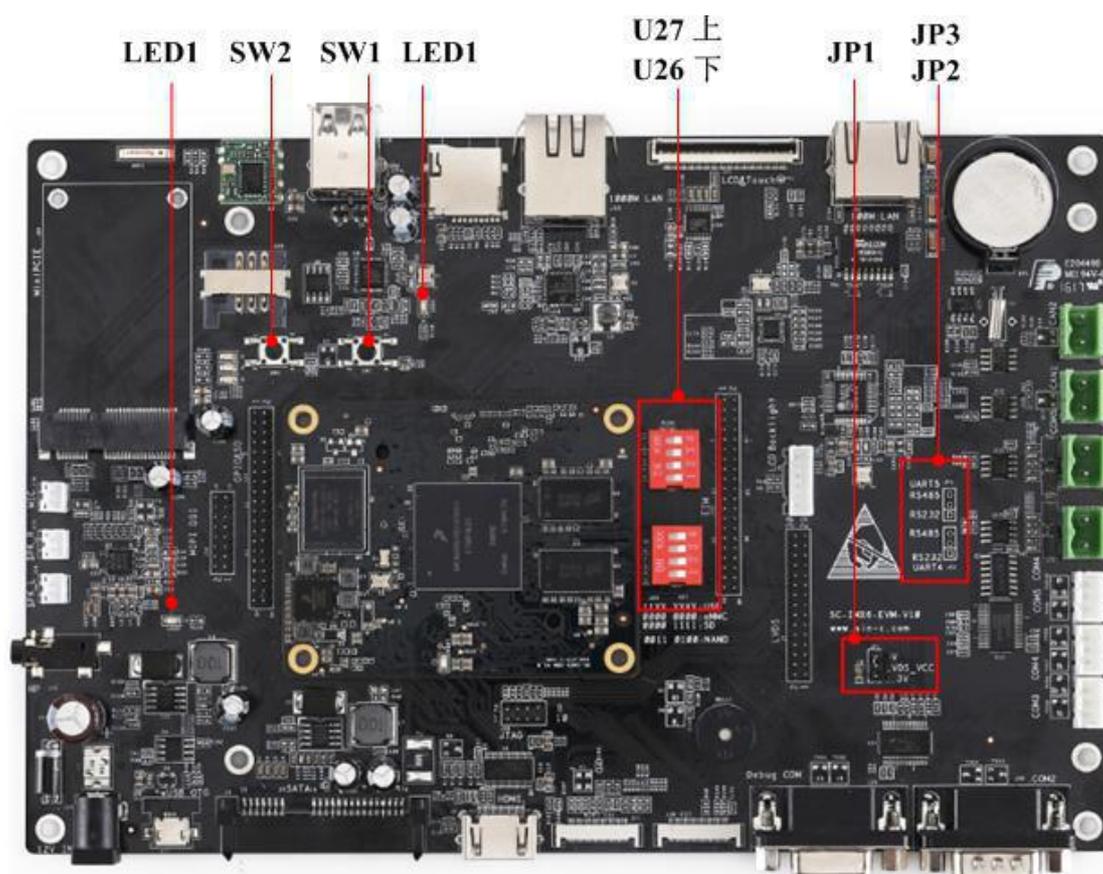


表 1 评估底板跳线与指示灯说明

序号	评估底板标	描述
1	JP1	用于选择使能 LVDS_VCC 5V 或 3.3V
2	JP2	COM4 端口, 用于选择使用 RS-485 功能或 RS-232 功能
3	JP3	COM5 端口, 用于选择使用 RS-485 功能或 RS-232 功能
4	LED1	运行指示灯, GPIO 控制
5	LED2	电源指示灯
6	SW1	主板电源复位按键
7	SW2	系统复位按键

表 2 U26、U27 拨码开关说明

序号	U26 拨码顺序	U27 拨码顺序	描述
1	1100	0000	USB 启动
2	0000	0000	eMMC 启动
3	0000	1111	SD 启动
4	0011	0100	NAND 启动

1.4 软件特性设备管理

TWCore-IMX6DL 开发板提供完善的 Linux BSP, 包括 Linux 内核源码、和开发工具等, 具体软件资源如下表所示:

软件资源		说明
Linux 内核		4.1.5
文件系统		根文件系统采用 ext3, 在根文件系统中可挂载多种文件系统, 如:sysfs、yaffs2、ubifs 等
交叉编译器 (内核)		arm-poky-linux-gnueabi-gcc 5.3.0
交叉编译器 (应用程序)		arm-poky-linux-gnueabi-gcc 5.3.0
外设驱动	eMMC	驱动源码:/drivers/mtd
	SD/MMC	驱动源码:/drivers/mmc
	LCD	驱动源码:/drivers/video
	触摸屏	驱动源码:/drivers/input/touchscreen
	摄像头	驱动源码:/drivers/media/platform/mxc
	I2C	驱动源码:/drivers/i2c
	UART	驱动源码:/drivers/tty/serial
	USB	驱动源码:/drivers/usb
	以太网	驱动源码:/drivers/net/ethernet
	CAN	驱动源码:/drivers/net/can
	WIFI	驱动源码:/drivers/net/wireless
	PWM	驱动源码:/drivers/pwm
	GPIO	驱动源码:/drivers/gpio
RTC	驱动源码:/drivers/rtc	
图形界面		使用 QT 或眺望组态软件进行开发
示例程序		提供串口、LED、网络、Web、数据库等开发例程
工具软件		如系统镜像烧写工具、串口调试工具、网络调试工具、tftp 服务器软件等

2. 产品快速使用说明

2.1 启动选择

请参考跳线器与指示灯说明 1.3 节跳线器与指示灯说明, 选择启动方式。

2.2 串口登录

开发板使用 COM1 口作为默认的登录调试串口, 通过 COM1 口登录开发板的串口通讯参数设置如下:

串口参数	值
波特率	115200
数据位	8
停止位	1
奇偶校验位	无
流控	关闭所有流控

表 2-1 登录串口通讯参数设置

2.2.1 串口硬件连接

在登录前必须确保开发板和主机之间的硬件连接正常。TWCORE-IMX6DL 开发板使用 COM1 作为登录调试串口, 因此通过串口登录时必须将主机连接到开发板的 COM1 口上。

如果主机自带 RS232 串口, 则可以使用串口延长线连接主机和开发板的 COM1 口; 如果主机不带 RS232 串口, 则需要使用 USB 转 RS232 转换器, 将转换器的 USB 端接到主机的 USB 接口上, 将转换器的 RS232 端接到开发板的 COM1 口上。在 windows 下使用 USB 转 RS232 转换器连接主机和开发板时, 需要安装厂商提供的转换器驱动程序 (在 win7、win10 下操作系统会自动搜索合适的驱动并安装)。当安装程序安装成功后, 将 USB 转 RS232 转换器插入主机 USB 接口, 可以在 windows 操作系统的“设备管理”对话框中检查系统是否正确识别了该串口, 具体方法如下:

右键单击桌面上的“我的电脑”或者“此电脑”图标, 选择“属性”菜单, 在弹出的“系统”对话框中选择“设备管理器”(注: 不同版本的操作系统进入设备管理器的方法可能有所不同), 在弹出的“设备管理器”对话框中, 点击“端口 (COM 和 LPT)”, 将其展开, 查看是否有对应的串口设备出现, 如果有则说明系统正确识别了该转换器转换出来的串口。如下图所示:

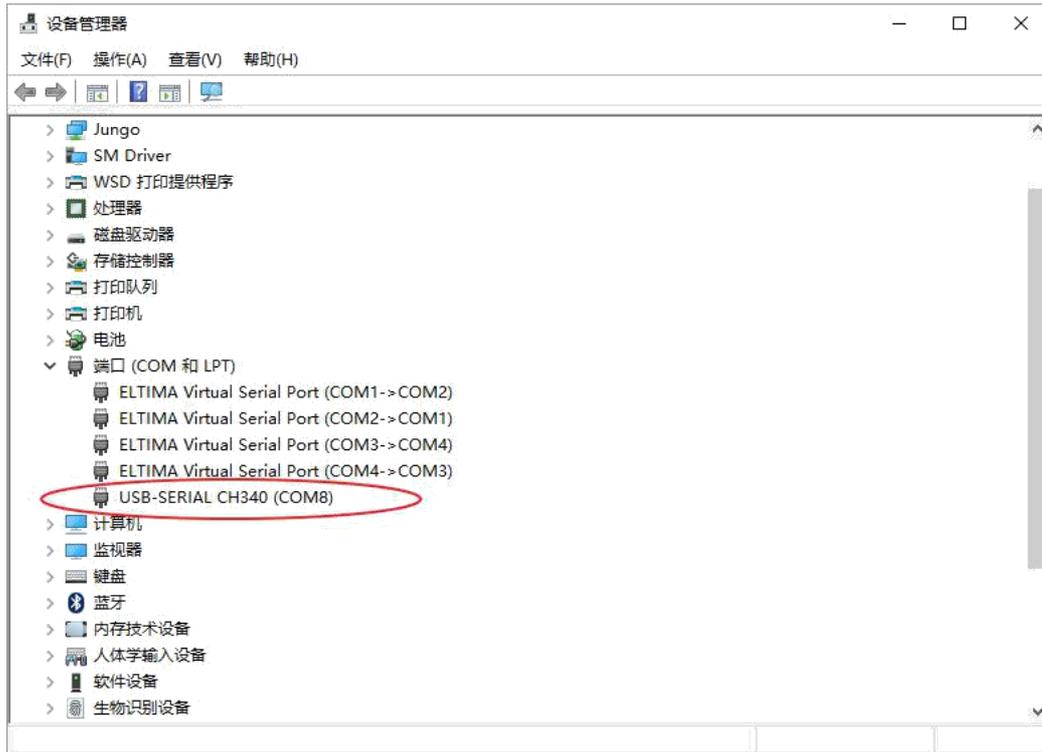


图 2-1 查看 USB 转 RS232 转换器信息

从图中可以看出,系统不仅识别了转换器转换出来的串口,而且还可以看到该串口使用的串口号,后面在使用串口终端登录时需要使用该串口号。

2.2.2 使用串口终端登录

Windows 下的串口终端软件比较多,此处以 SecureCRT 软件为例介绍串口登录的方法。

1. 安装 SecureCRT

用户可以从/ 下载 SecureCRT 安装程序。双击该文件开始安装,由于其安装过程比较简单,此处不再详细叙述。

2. 使用 SecureCRT 登录

运行 SecureCRT 软件,弹出“连接”对话框,如下图所示:

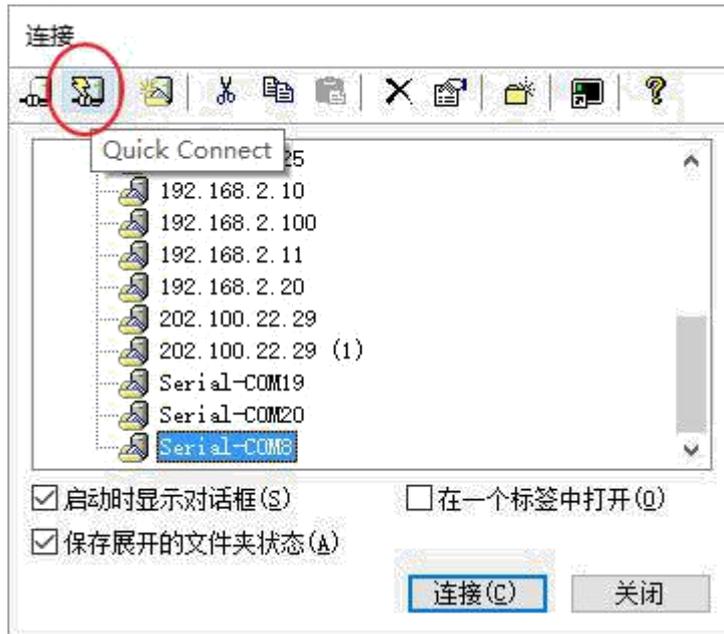


图 2-2 SecureCRT “连接”对话框

点击“Quick Connect”按钮,弹出“快速连接”对话框,如下图所示:

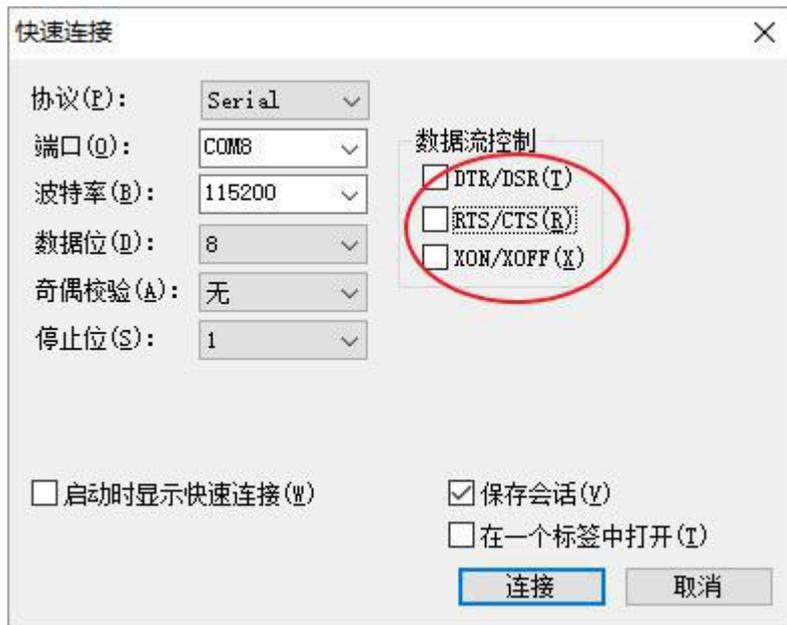


图 2-3 SecureCRT “快速连接”对话框

在该对话框中,选择“协议”为“Serial”,“端口”需根据主机实际使用的串口号进行选择(可从操作系统的“设备管理器”中获得该信息),并对串口参数进行相应的设置,具体通讯参数值可参考“表 2-1 登录串口通讯参数设置”。值得注意的是在设置串口参数时需关闭所有的“数据流控制”选项。在设置完成后,点击“连接”按钮,会出现一个用于登录的 SecureCRT 终端窗口。

此时如果开发板已经上电运行,则在 SecureCRT 终端窗口上直接按回车键,就可在终端窗口上看到命令行提示符;如果开发板还没有上电运行,则先给开发板上电,此时可以看到在

SecureCRT 终端上会打印系统的启动信息,在系统启动完成后,会自动出现命令行提示符。如下图所示:

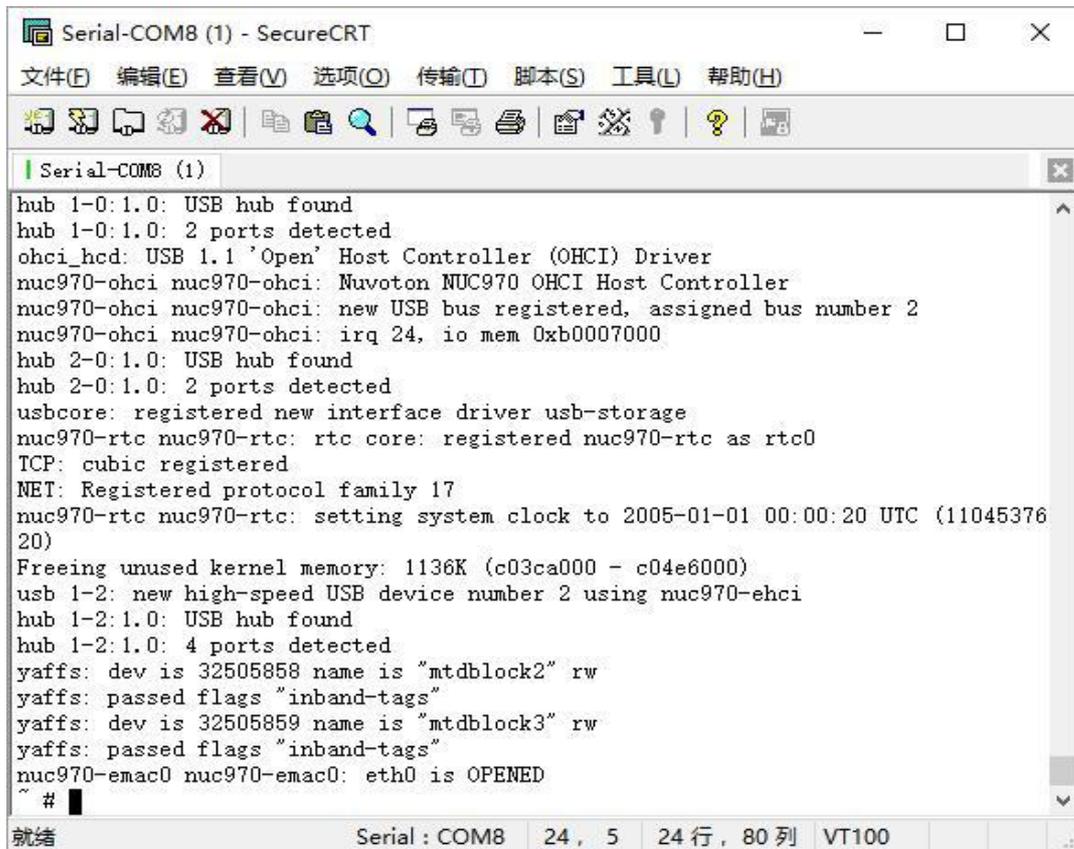


图 2-4 串口终端登录

在命令行提示符下,用户可以输入 linux 命令和系统进行交互。

2.3 关机和重启

当需要关机时,如果有数据存储操作,为了确保数据完全写入,可执行 sync 命令:

```
~ # sync
```

完成数据同步后再关闭电源关机。

也可以执行 reboot 命令重启开发板:

```
~ # reboot
```

该命令会自动完成数据同步后再重启系统。

2.4 查看系统信息

2.4.1 查看内核版本

使用 uname -a 命令可以查看内核版本信息:

```
~ # uname -a
```

```
Linux (none) 4.1.15 #18 SMP PREEMPT Mon Apr 17 13:33:09 CST 2017 armv7l GNU/Linux
```

也可以通过查看 /proc/version 文件,获得系统内核版本信息:

```
~ # cat /proc/version
```

```
Linux version 4.1.15 (sinc@sinc-virtual-machine) (gcc version 4.9.2 20140904 (prerelease) (crosstool-NG linaro-1.13.1-4.9-2014.09 - Linaro GCC 4.9-2014.09) ) #18 SMP PREEMPT Mon Apr 17 13:33:09 CST 2017
```

2.4.2 查看内存使用情况

使用 `free` 命令可以查看内存的使用情况：

```
~ # free
              total        used         free       shared        buffers
Mem:          60620         5580        55040           0           0
-/+ buffers:             5580        55040
Swap:           0           0           0
```

2.4.3 查看磁盘使用情况

使用 `df -m` 命令可以查看磁盘的使用情况：

```
~ # df -m
Filesystem      1M-blocks    Used   Available  Use%   Mounted on
devtmpfs         29         0         29      0%    /dev
none             30         0         30      0%    /tmp
/dev/mtdblock2   32         6         26     19%   /root
/dev/mtdblock3   73         2         72      2%    /home
```

2.4.4 查看磁盘分区信息

通过查看 `/proc/mtd` 文件, 可以获得 NandFlash 的分区信息：

```
~ # cat /proc/mtd
dev:   size  erasesize  name
mtd0: 00200000 00020000 "u-boot"
mtd1: 01400000 00020000 "Kernel"
mtd2: 02000000 00020000 "root"
mtd3: 04a00000 00020000 "home"
```

通过查看 `/proc/partitions` 文件, 可以获得系统所有的分区信息：

```
~ # cat /proc/partitions
major minor #blocks name
 31      0      2048 mtdblock0
 31      1     20480 mtdblock1
 31      2     32768 mtdblock2
 31      3     75776 mtdblock3
```

2.4.5 查看 CPU 信息

通过查看 `/proc/cpuinfo` 文件, 可以获得 CPU 等信息：

```
~ # cat /proc/cpuinfo
processor       : 0
model name     : ARM926EJ-S rev 5 (v5l)
BogoMIPS      : 148.88
Features       : swp half thumb fastmult edsp java
CPU implementer : 0x41
```

```
CPU architecture: 5TEJ
CPU variant      : 0x0
CPU part        : 0x926
CPU revision    : 5
Hardware        : NUC970
Revision        : 0000
Serial          : 0000000000000000
```

其中 `BogoMIPS` 参数可以用来衡量处理器的运算能力,表示 CPU 每秒钟可以处理的指令数,单位百万。

2.5 网络设置

2.5.1 获取网络信息

TWCore-IMX6DL 开发板有 1 个以太网卡,运行 `ifconfig` 命令可以查看网卡的配置信息:

```
#ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 0e:7a:73:1b:1e:f3
          UP BROADCAST MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:2 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:140 (140.0 B)  TX bytes:140 (140.0 B)
```

其中接口 `eth0` 表示以太网卡, `lo` 表示本地回环接口。

2.5.2 设置 IP 与子网掩码

使用 `ifconfig` 命令可以设置网卡的 IP 地址和子网掩码,其命令格式如下:

```
ifconfig 网络接口名 IP 地址 netmask 子网掩码
```

对于以太网卡,“网络接口名”为 `eth0`。例如要将网卡的 ip 地址设置为 192.168.1.10,执行如下命令:

```
#ifconfig eth0 192.168.1.10 netmask 255.255.255.0
```

设置完毕后,可以使用 `ifconfig eth0` 命令查看网卡的配置:

```
~# ifconfig eth0
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 08:00:27:00:01:92
          inet addr:192.168.1.10  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0
```

```
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
RX packets:217 errors:0 dropped:71 overruns:0 frame:0
TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
collisions:0 txqueuelen:1000
RX bytes:31251 (30.5 KiB) TX bytes:0 (0.0 B)
```

2.5.3 设置默认网关

使用 `route` 命令可以用来添加、删除网关或查看网关配置：

1. 添加默认网关：

使用如下命令给网卡添加默认网关：

```
route add default gw 网关 IP 地址网络接口名
```

对于以太网卡，“网络接口名”为 `eth0`。例如要将网卡的默认网关设为 `192.168.1.111`，执行如下命令：

```
~# route add default gw 192.168.1.111 eth0
```

2. 删除网关：

使用如下命令删除网卡上已经配置的默认网关：

```
route del default gw 网关 IP 地址网络接口名
```

对于以太网卡，“网络接口名”为 `eth0`。例如要将网卡上配置的 IP 为 `192.168.1.111` 的默认网关删除，执行如下命令：

```
~# route del default gw 192.168.1.111 eth0
```

3. 查看网关配置：

使用 `route -n` 命令可以查看当前的网关配置：

```
/etc # route -n
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0

2.5.4 关闭/启动网卡

使用 `ifconfig` 命令可以关闭和启动网卡，关闭网卡的命令格式为：

```
#ifconfig 网络接口名 down
```

启动网卡的命令格式为：

```
#ifconfig 网络接口名 up
```

对于以太网口，“网络接口名”为 `eth0`。例如要关闭网卡，执行如下命令：

```
#ifconfig eth0 down
```

要启动网卡，执行如下命令：

```
#ifconfig eth0 up
```

2.5.5 设置 DNS

如果需要使用域名访问互联网，则需要配置 DNS 服务器。配置方法如下：

编辑“`/etc/resolv.conf`”文件（如果不存在则创建一个新的文件），并在其中添加一个或者多个 DNS 服务器的 IP 地址，例如要将 `114.114.114.114` 作为首选的 DNS 服务器，将 `8.8.8.8` 作为备选的 DNS 服务器，则在 `/etc/resolv.conf` 添加如下内容：

```
nameserver 114.114.114.114
nameserver 8.8.8.8
```

2.5.6 开机自动设置网络参数

使用 `ifconfig`、`route` 命令直接在命令提示符下设置网络参数,在开发板断电或者复位后,上述配置信息就会丢失。对于 TWCORE-IMX6DL 开发板,可以通过修改 `/etc/network/interfaces` 配置文件来实现对 IP 地址和网关的设置。`interfaces` 配置文件中关于 IP 地址和网关的配置项如下:

```
auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.1.10
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.1.1
```

其中 `address`、`netmask`、`gateway` 分别对应网卡的 IP 地址、子网掩码和默认网关。

在完成对 `interfaces` 配置文件的修改后,可以在命令行下执行如下命令,使网络设置立即生效,如下所示:

```
# /etc/init.d/networking restart
```

也可以直接重启开发板,使网络设置生效。

对于 DNS 的配置,直接修改 `/etc/resolv.conf` 文件即可。

2.5.7 注意事项

开发板和主机通讯时,它们的 IP 地址必须在同一网段内。例如:假设开发板的 IP 地址为 192.168.1.10,子网掩码为 255.255.255.0,则主机 IP 地址也必须在 192.168.1 这个网段内,如设置为 192.168.1.20。另外在配置好主机 IP 和开发板的 IP 后,可以在主机上运行一下 `ping` 命令, `ping` 一下开发板,看网络是否畅通。

2.6 网络登录

当设置好开发板 IP 地址(具体设置方法可参考“设置 IP 与子网掩码”章节),且主机和开发板之间网络通讯正常后,即可以采用网络登录到开发板上。

和串口登录类似,在 Windows 上也有很多软件可以实现网络登录,此处仍以 SecureCRT 软件为例介绍网络登录的方法。

1. 安装 SecureCRT

用户可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/软件工具”下载 SecureCRT 安装程序。双击该文件开始安装,由于其安装过程比较简单,此处不再详细叙述。

2. 使用 SecureCRT 登录

运行 SecureCRT 软件,弹出“连接”对话框,如下图所示:

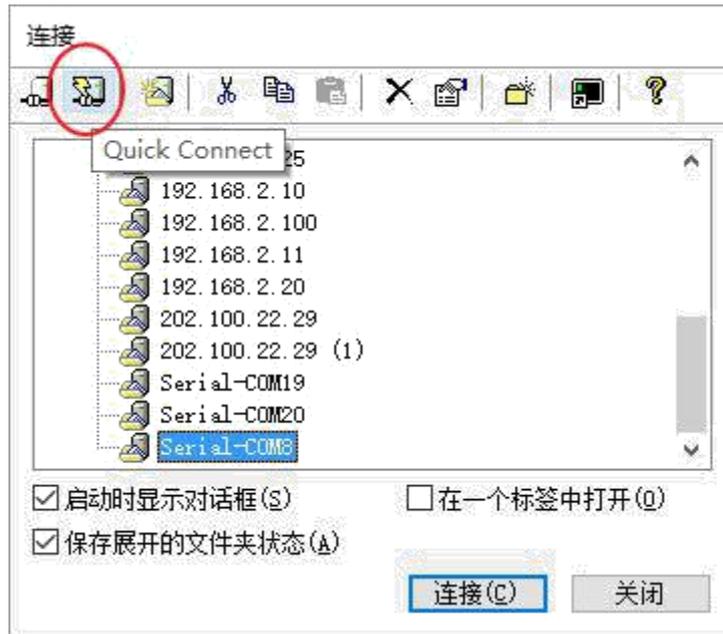


图 2-5 SecureCRT “连接”对话框

点击“Quick Connect”按钮,弹出“快速连接”对话框,如下图所示:

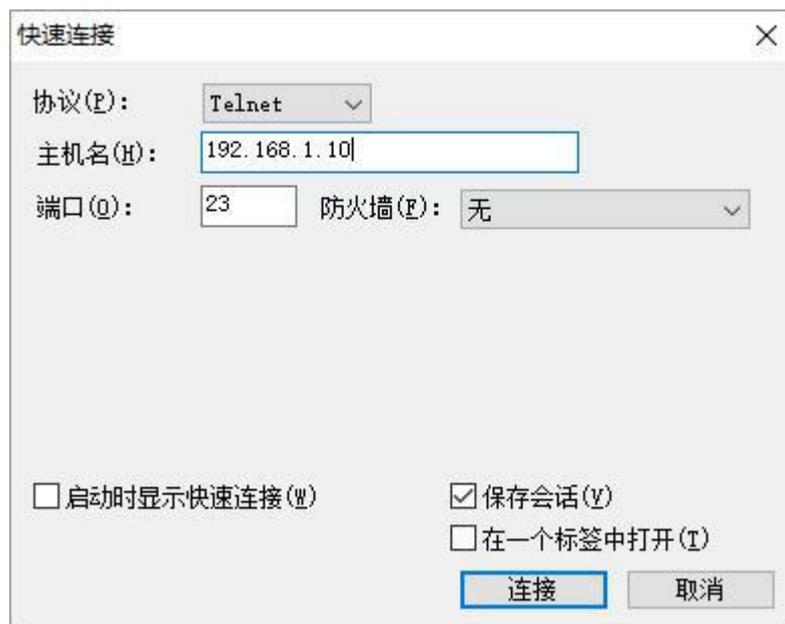


图 2-6 SecureCRT “快速连接”对话框

在该对话框中,选择“协议”为“Telnet”,“主机名”为开发板的 IP 地址,端口号使用默认值 23。在设置完成后,点击“连接”按钮,会出现一个用于登录的 SecureCRT 终端窗口。在该终端窗口中,会提示用户登录,登录的用户名和密码均为 root,然后直接按回车键,即可完成登录操作。如下图所示:



图 2-7 网络终端登录

2.7 触摸屏校准

Tslib 是一个开源的程序,通常作为触摸屏驱动的适配层,为触摸屏驱动提供获得的采样提供,诸如滤波、去抖、校准等功能。

开发板使用 tslib 上的触摸屏校正程序 ts_calibrate 对触摸屏进行校准,以存储触摸屏的校正信息。使用 tslib 进行触摸屏校正的步骤如下:

1. 关闭开机自动运行的 QT 示例程序。在命令行下执行如下命令:

```
~#killall QtDemo
```

2. 运行触摸屏校准程序 ts_calibrate:

```
~#ts_calibrate
```

此时会依次在屏幕的左上角、右上角、左下角、右下角和正中间出现“十”字标记,用户用手依次点击“十”字标记的中心点(注意:此时不能使用 USB 鼠标点击,必须用手按压屏幕进行点击),即可完成对触摸屏的校准工作。

2.8 USB 鼠标与 USB 键盘使用

将 USB 鼠标插入到开发板 USB HOST 接口上,Linux 操作系统会检测到 USB 鼠标,并在控制台终端上打印 USB 鼠标的相关信息,例如:

```
usb 1-1.2: new low-speed USB device number 4 using ci_hdrc
input: USB Optical Mouse as /devices/soc0/soc/2100000.aips-bus/2184200.usb/ci_hdrc.1/usb1/1-1/1-1.2/1-1.2:1.0/0003:1BCF:0007.0001/input/ input2

hid-generic 0003:1BCF:0007.0001: input: USB HID v1.10 Mouse [USB Optical Mouse] on
usb-ci_hdrc.1-1.2/input0
```

将 USB 键盘插入到开发板 USB HOST 接口上,Linux 操作系统会检测到 USB 键盘,并在控制台终端上打印 USB 键盘的相关信息,例如:

```
usb 1-1.2: new low-speed USB device number 6 using ci_hdc
input: USB USBKeyboard as
/devices/soc0/soc/2100000.aips-bus/2184200.usb/ci_hdc.1/usb1/1-1/1-1.2/1-1.2:1.0/0003:1A2C:0002.0004/input/
input5
hid-generic 0003:1A2C:0002.0004: input: USB HID v1.10 Keyboard [USB USBKeyboard] on
usb-ci_hdc.1-1.2/input0
input: USB USBKeyboard as
/devices/soc0/soc/2100000.aips-bus/2184200.usb/ci_hdc.1/usb1/1-1/1-1.2/1-1.2:1.1/0003:1A2C:0002.0005/input/
input6
hid-generic 0003:1A2C:0002.0005: input: USB HID v1.10 Device [USB USBKeyboard] on
usb-ci_hdc.1-1.2/input1
```

用眺望组态软件开发的工程在下载开发板上运行时,不需要做任何配置,就可以直接使用 USB 鼠标和 USB 键盘。

2.9 TF 卡使用

将 TF 卡插入到开发板 TF 卡插槽中,Linux 操作系统会检测到 TF 卡,并在控制台终端上打印 TF 卡的相关信息,例如:

```
mmc2: host does not support reading read-only switch, assuming write-enable
mmc2: new high speed SDHC card at address aaaa
mmcblk2: mmc2:aaaa SS08G 7.4 GiB
mmcblk2: p1
```

FAT-fs (mmcblk2p1): Volume was not properly unmounted. Some data may be corrupt. Please run fsck.在此例中,从打印信息可以看出 Linux 操作系统检测到一个容量为 8GB 的 TF 卡,其对应的设备名为 mmcblk2,且 TF 卡有 1 个分区 p1。

假定 TF 卡被挂载到/run/media/mmcblk2p1 目录下,为了将 TF 卡根目录上的 test 文件拷贝到/home 目录下,可执行如下命令:

```
~ #cp/run/media/mmcblk2p1/test /home
```

为了将/home 目录下的 test1 文件拷贝到 TF 卡根目录上,可执行如下命令:

```
~ #cp /home/test1 /run/media/mmcblk2p1
```

TF 卡使用完毕后,在拔出 TF 卡前,需执行 umount 命令卸载 TF 卡所有的分区:

```
~ #umount/run/media/mmcblk2p1
```

此处假定 TF 卡被挂载在/run/media/mmcblk2p1 目录下。umount 会确保所有缓存的数据都被正确的写入 TF 卡。在 umount 成功后,即可拔出 TF 卡。在调用 umount 前,必须确保 TF 卡上的文件没有被其他程序所占用且用户当前的工作目录不在 TF 卡的挂载目录上,否则调用 umount 会提示失败,如下所示:

```
umount: /run/media/mmcblk2p1/: target is busy
(In some cases useful info about processes that
use the device is found by lsof(8) or fuser(1).)
```

2.10 U 盘使用

将格式为 FAT32 的 U 盘插入到开发板 USB HOST 接口上,Linux 操作系统会检测到 U 盘,并在控制台终端上打印 U 盘的相关信息,例如:

```
root@imx6qdlisol:/run/media/mmcblk2p1# (In some cases useful info about processes that
> use the device is found by lsof(8) or fuser(1).)usb 1-1.2: new high-speed USB device number 4 using
ci_hdrc
usb-storage 1-1.2:1.0: USB Mass Storage device detected

scsi host1: usb-storage 1-1.2:1.0
scsi 1:0:0:0: Direct-Access    General   UDisk          5.00 PQ: 0 ANSI: 2
sd 1:0:0:0: [sda] 7987200 512-byte logical blocks: (4.08 GB/3.80 GiB)
sd 1:0:0:0: [sda] Write Protect is off
sd 1:0:0:0: [sda] No Caching mode page found
sd 1:0:0:0: [sda] Assuming drive cache: write through
sda:
sd 1:0:0:0: [sda] Attached SCSI removable disk
FAT-fs (sda): Volume was not properly unmounted. Some data may be corrupt. Please run fsck
```

在此例中,从打印信息可以看出 Linux 操作系统检测到一个容量为 3.80GB 的 U 盘,其对应的设备名为 `sda`。

系统会在 `/mnt` 目录下为 U 盘的每个分区都生成一个目录,目录的名字为 `sdxn` (`x` 用于区分不同的 U 盘,`n` 用于区分不同的分区,`x=a、b、c…… n=1、2、3……`)。U 盘的每个分区就挂载在这些目录下。U 盘挂载成功后,即可对 U 盘进行文件查看、文件拷贝等操作。以下以文件拷贝操作为例,介绍 U 盘的使用。

假定 U 盘被挂载到 `/run/media/sda1` 目录下,为了将 U 盘根目录上的 `test` 文件拷贝到 `/home` 目录下,可执行如下命令:

```
~#cp/run/media/sda1/test /home
```

为了将 `/home` 目录下的 `test1` 文件拷贝到 U 盘根目录上,可执行如下命令:

```
~#cp /home/test1 /run/media/sda1
```

U 盘使用完毕后,在拔出 U 盘前,需执行 `umount` 命令卸载 U 盘所有的分区:

```
~#umount/run/media/sda1
```

此处假定 U 盘被挂载在 `/run/media/sda1` 目录下。`umount` 会确保所有缓存的数据都被正确的写入 U 盘。在 `umount` 成功后,即可拔出 U 盘。在调用 `umount` 前,必须确保 U 盘上的文件没有被其他程序所占用且用户当前的工作目录不在 U 盘的挂载目录上,否则调用 `umount` 会提示失败,如下所示:

```
umount: /run/media/sda1/: target is busy
```

```
(In some cases useful info about processes that
use the device is found by lsof(8) or fuser(1).)
```

2.11 与 PC 互传文件

开发板和 PC 机有两种方式传输文件:

- 使用 U 盘。其具体操作方法可参见“[U 盘使用](#)”一节。
- 使用 TFTP 协议传输文件。

本节将主要介绍如何通过 TFTP 协议在 PC 机和开发板之间传输文件。

首先需要在 PC 机上运行 TFTP 服务器,在“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/2、开发工具软件”中,提供了一个简单的 TFTP 服务器软件 `tftpd.exe`。在主机端配置 TFTP 的步骤如下:

1. 运行 `tftpd.exe` 程序,弹出如下对话框:

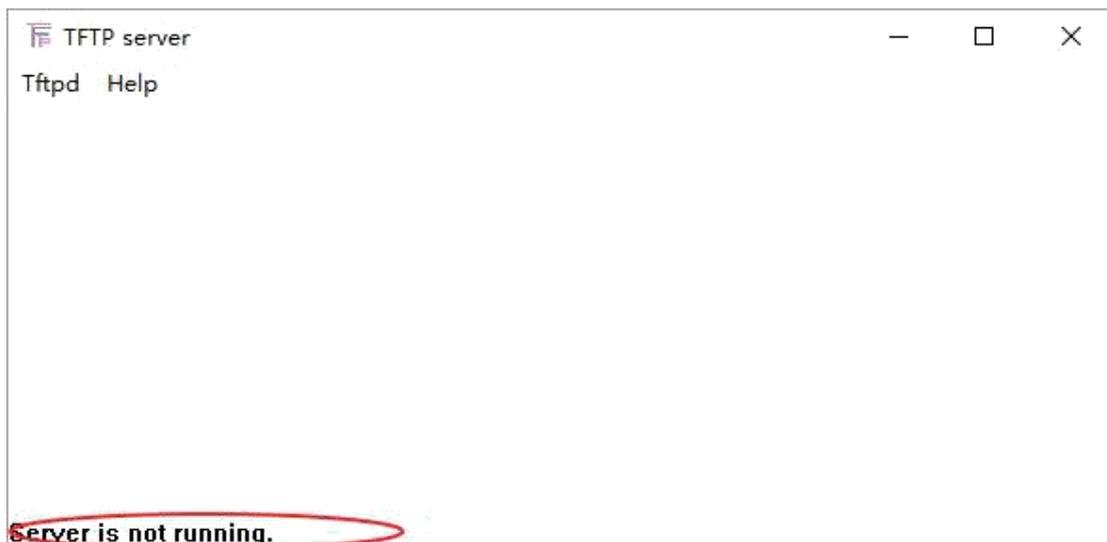


图 2-8 tftpd.exe 运行界面

从图中可以看出, 软件刚运行时, tftp 服务器还有没有启动;

2. 配置 tftp 文件传输目录。点击“Tftpd”菜单下的“Configure”子菜单, 弹出“Tftpd Settings”对话框, 如下图所示:

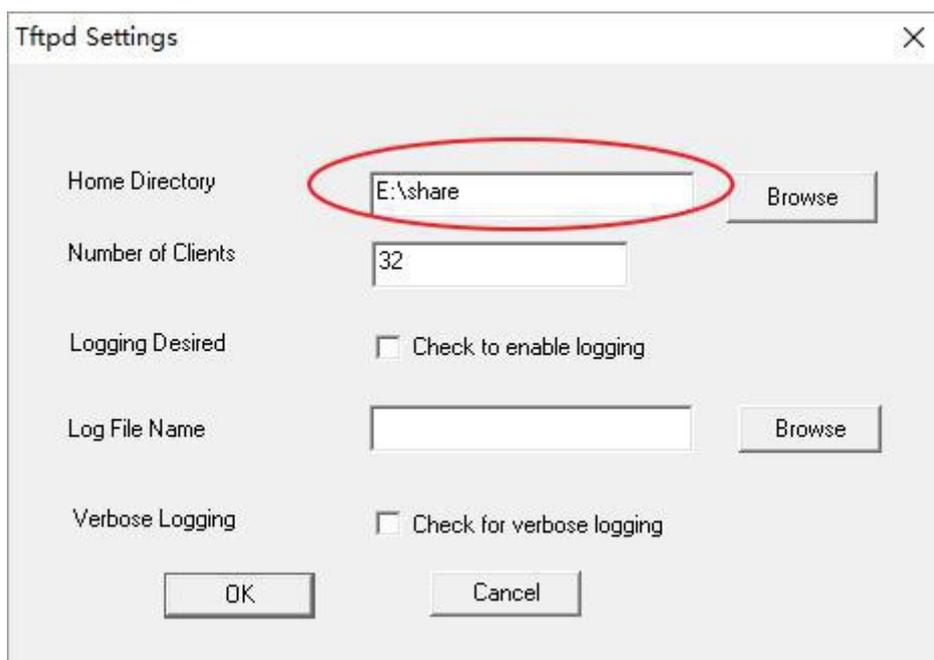


图 2-9 Tftpd Settings 对话框

在该对话框中, 需要设置“Home Directory”, 该配置用于指定 PC 机和开发板在进行文件传输时所使用的目录。当 PC 机需要把文件下载到开发板时, 需要将待下载的文件拷贝到该目录内; 同样当开发板需要把文件上传到 PC 机上时, 上传的文件也会放在该目录内。配置完成后点击“OK”按钮;

3. 启动 tftp 服务。点击“Tftpd”菜单下的“Start”子菜单即可。正常启动后的 tftpd.exe 界面如下图所示:



图 2-10 启动 tftp 服务

在 PC 机端配置完 TFTP 服务器后,就可以通过 TFTP 协议在开发板和 PC 机之间传输文件了。在传输文件前,必须首先设置好开发板的 IP 地址,并保证开发板和 PC 机之间网络通讯正常。关于 IP 的设置方法,可参见“[设置 IP 与子网掩码](#)”一节。

如果需要将 PC 机中的文件下载到开发板上,执行如下步骤:

- 将待下载文件拷贝到 TFTP 服务器设置的文件传输目录中,此处假定待下载文件为 `rootfs.tar.gz`
- 通过串口或网络登录到开发板上,并使用 `tftp` 命令下载文件:

```
#cd /home  
# tftp -r rootfs.tar.gz -g 192.168.1.111
```

其中“-r”参数为需要从 PC 机下载的文件名,“-g”参数为 PC 机的 IP 地址。上述命令行的含义是从 IP 地址为 192.168.1.111 的 PC 机上下载 `rootfs.tar.gz` 文件,下载的文件将保存在 `/home` 目录下。

如果需要将开发板中的文件上传到 PC 机上,执行如下步骤:

- 通过串口或网络登录到开发板上,并进入文件所在目录,执行如下命令:

```
#cd /home  
此处假定待上传文件位于/home 目录中;  
●使用 tftp 命令上传文件:  
# tftp -r rootfs.tar.gz -p 192.168.1.111
```

其中“-r”参数为开发板中需要上传到 PC 机上的文件的文件名,“-p”参数为 PC 机的 IP 地址。上述命令行的含义是将开发板中 `/home/rootfs.tar.gz` 文件上传到 IP 地址为 192.168.1.111 的 PC 机上。上传完成后,在 PC 机 TFTP 服务器设置的文件传输目录中可以找到上传的文件。

如果按照上述步骤执行后,仍然无法通过 TFTP 传输文件,可以试着关闭 PC 机上的 Windows 防火墙,然后再重新进行文件传输。

2.12 LED 测试

在开发板 `/home/demo` 目录下,运行 `ledtest` 程序可以对 LED 进行测试。该程序可控制 LED 闪烁,每 2 秒钟闪烁一次,连续闪烁 10 次。为执行该测试,可在命令行下运行如下命令:

```
~# cd /home/demo  
/home/demo # ./ledtest
```

2.13 蜂鸣器测试

在开发板/home/demo 目录下,运行 belltest 程序可以对蜂鸣器进行测试。该程序可控制蜂鸣器连续响 5 次,每次持续时间为 1 秒。为执行该测试,可在命令行下运行如下命令:

```
~# cd /home/demo
/home/demo # ./belltest
```

2.14 串口测试

TWCore-IMX6DL 开发板提供了多个串口供用户使用:其中 COM1 为调试串口,COM2、COM3 为 RS232 通讯口,COM4、COM5 为 RS232/RS485 复用通讯口,用户可以通过底板上的跳线进行切换。关于串口的详细说明可以参考《TWCore-IMX6DL 数据手册》。在开发板/home/demo 目录下,运行 serialtest 程序可以对串口进行数据收发测试。

该程序在运行时,需要提供一个命令行参数,该参数既可以是需要打开的串口名,如:“COM2”、“COM3”、“COM4”等;也可以是需要打开的设备名,如/dev/ttyxc1、/dev/ttyxc2、/dev/ttyxc3。例如需要通过 COM2 口进行数据收发,在命令行下执行如下命令:

```
~# cd /home/demo
/home/demo # ./serialtest COM2
```

该程序运行流程如下:

- 打开串口(串口通讯参数为:波特率 9600,8 位数据位,1 位停止位,无数据校验位);
- 通过串口发送一个 20 字节的数据;
- 从串口接收数据;
- 重复步骤 2~3,实现数据的循环发送和接收。

使用 serialtest 程序进行串口数据收发测试的步骤如下:

- 首先用串口线连接开发板和主机,关于开发板串口引脚的定义可参见文档《TWCore-IMX6DL 数据手册》。
- 在主机上运行串口调试工具,该工具可接收开发板串口发送的数据,并可发送数据到开发板。Windows 下的串口调试软件比较多,此处以 sscm32.exe 为例介绍串口调试工具的使用,该工具可在“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/2、开发工具软件\SSCOM32”中直接获取。

运行 sscm32.exe 软件,弹出如下对话框,如下图所示:

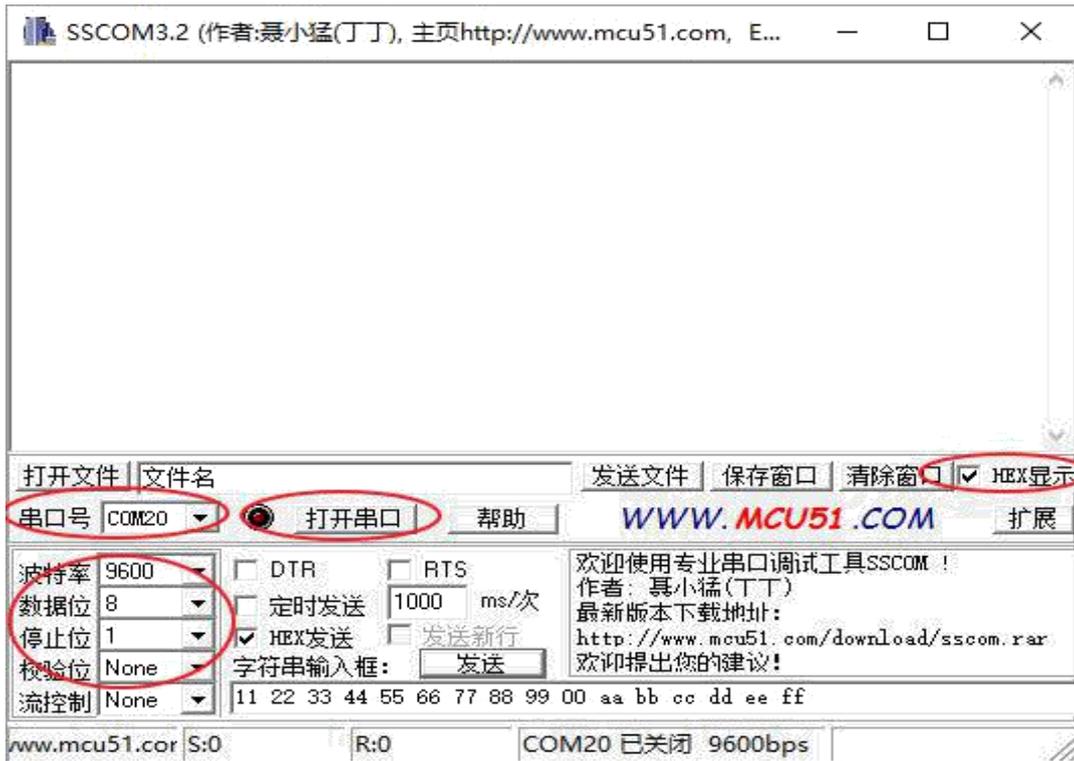


图 2-11 sscm32 主界面

在该对话框中设置主机侧的串口号, 并设置串口通讯参数为: 波特率 9600, 8 位数据位, 1 位停止位, 无数据校验位。勾选“HEX 显示”选项。设置完成后, 点击“打开串口”按钮。如果串口打开成功, sscm32 界面如下图所示:

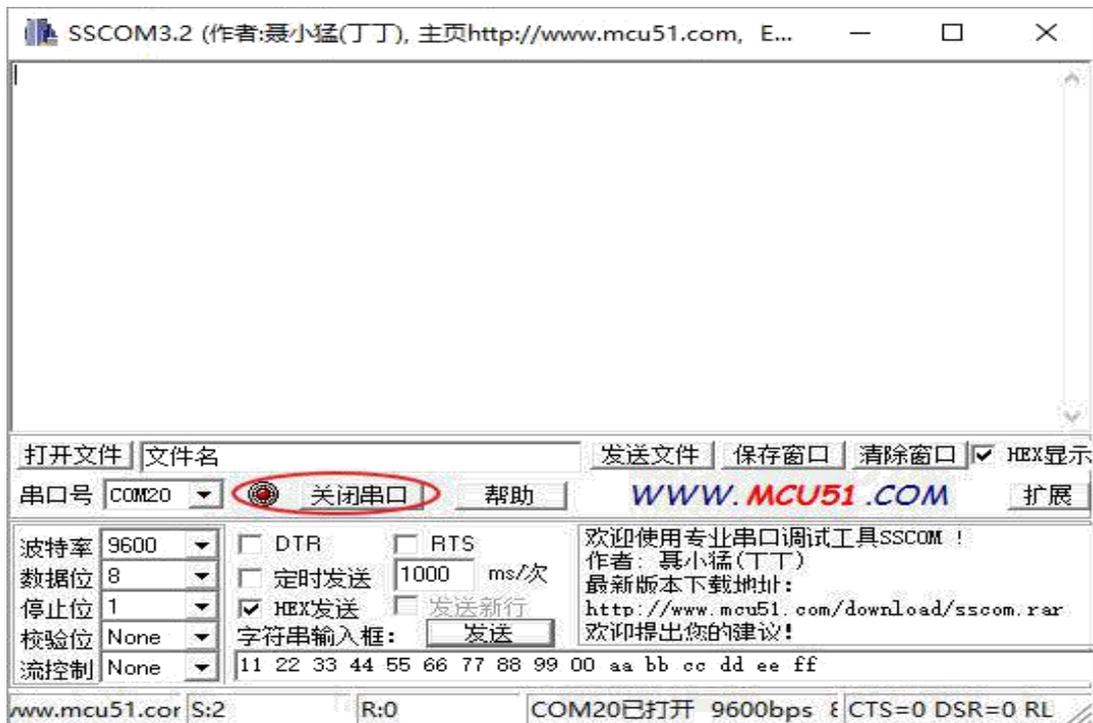


图 2-12 sscm32 串口打开成功

如上图所示,红色标记部分表明串口打开正常。

1. 测试开发板发送数据是否正常。方法如下:

在开发板上运行 serialtest 测试程序。在命令行下执行如下命令:

```
~# cd /home/demo
/home/demo # ./serialtest COM2
```

此处假定测试开发板 COM2 口。运行 serialtest 后,serialtest 会通过串口发送数据,此时可以在 sscom32 看到 serialtest 发送的数据,如下图所示:

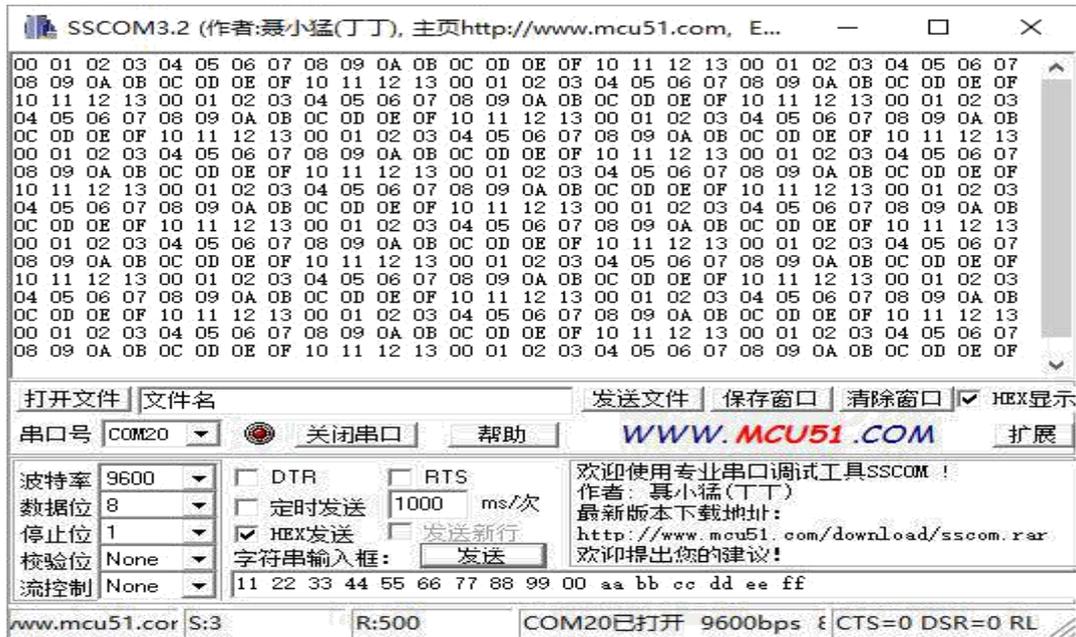


图 2-13 sscom32 接收数据

2. 测试开发板接收数据是否正常。方法如下:

在 sscom32 上,输入需要发送的数据,如果数据是二进制字节数据(即非 ASCII 字符)需勾选“HEX 发送”选项。设置完成后,点击“发送”按钮。如下图所示:

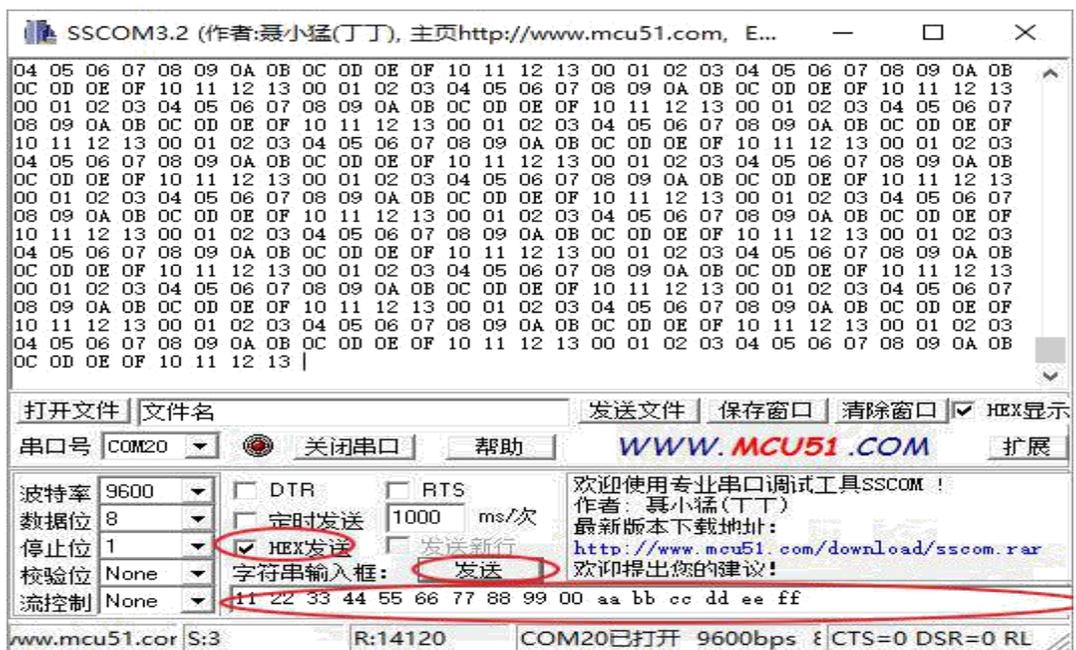


图 2-14 sscom32 发送数据

2.17 WIFI 测试

1、配置 WIFI 网络

与 WIFI 相关的程序和配置文件位于开发板 `/home/wifi` 目录下。其中 `/home/wifi/wpa_sup.conf` 文件保存了 WIFI 网络的配置信息,如 WIFI 网络的 SSID 和密码等,在连接 WIFI 网络前,必须根据 WIFI 网络的实际情况对该文件进行修改。

在 `wpa_sup.conf` 文件中,关于 WIFI 网络 SSID 和密码的配置项如下(通常位于该文件的末尾):

```
network={
    ssid="sincmain"
    psk= 2755c6234fd131d6b41e96ffd99c107d6cb019d749c6e19ca15b90b5222bb80d
}
```

其中 `ssid` 为 WIFI 网络的 SSID,此例为 `sincmain`; `psk` 为经过加密后的网络密码。在开发板 `/home/wifi` 目录下,可以使用 `wpa_passphrase` 程序生成上述配置项(包含 SSID 和加密后的密码)。`wpa_passphrase` 程序的命令格式如下:

```
wpa_passphrase 网络SSID 密码
```

其中密码长度为 8~63 个字符。例如要生成 SSID 为 `sincmain`,密码为 `12345678` 的配置项,执行如下命令:

```
~#cd /home/wifi
~# /home/wifi# ./wpa_passphrase sincmain 12345678
```

命令执行完毕后,会在控制台上输出包含 `ssid` 和 `psk` 网络信息的配置项,如下所示:

```
network={
    ssid="sincmain"
    #psk="12345678"
    psk=2755c6234fd131d6b41e96ffd99c107d6cb019d749c6e19ca15b90b5222bb80d
}
```

将 `wpa_passphrase` 程序生成的配置项拷贝到 `wpa_sup.conf` 文件,并删除该文件中原有的关于 `ssid` 和 `psk` 的配置项,即可完成对 WIFI 网络的配置。

2、使 WIFI 网络配置生效

在完成对 `wpa_sup.conf` 文件的修改后,可以在命令行下直接执行 `/home/wifi/wifi.sh` 脚本,使网络设置立即生效,如下所示:

```
#!/home/wifi/wifi.sh
```

3、测试 WIFI 网络配置

当 WIFI 网络连接成功后,使用 `ifconfig` 命令可以看到 `wlan0` 网络接口已经自动获取了 IP 地址,如下图所示:

```
wlan0    Link encap:Ethernet  HWaddr 00:95:69:9B:5C:4A
        inet addr:192.168.1.103  Bcast:255.255.255.255  Mask:255.255.255.0
        UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
        RX packets:22 errors:0 dropped:3 overruns:0 frame:0
        TX packets:18 errors:0 dropped:1 overruns:0 carrier:0
        collisions:0 txqueuelen:1000
        RX bytes:5022 (4.9 KiB)  TX bytes:3155 (3.0 KiB)
```

如果 WIFI 网络可以连接互联网,也可以直接在命令行下使用 ping 命令,ping 某个公网网址,测试网络是否连通。例如 ping 百度公司的网址,可在命令行下执行如下命令:

```
~#ping www.baidu.com
```

如果可以 ping 通表明 WIFI 网络连接成功。

由于网络信号等问题,开发板有可能在启动过程中,无法使用 dhcp 从路由器自动获取 IP,此时可以在命令行下执行 udhcpc 命令尝试从路由器再次获取 IP 地址:

```
~#udhcpc -i wlan0
```

2.18 时钟设置

Linux 将时钟分为系统时钟(System Clock)和硬件时钟(Real Time Clock,简称 RTC)两种。系统时钟是由 Linux 内核所维护的时钟,用户一般使用和看到的都是系统时钟。而硬件时钟则是由主板上的电池供电的主板硬件时钟。系统时钟在系统断电后即会消失,但 RTC 时钟在主板电池有电的情况下会长期运行。因此每次上电时,Linux 内核都会读取主板上的 RTC 时钟,并将它同步到系统时钟。下面列出一些与时钟相关的命令:

1. 查看系统时钟:

使用 date 命令可以查看系统时钟:

```
~# date
Sat Jan  1 02:03:07 UTC 2005
```

2. 查看 RTC 时钟:

使用 hwclock 命令可以查看 RTC 时钟:

```
~# hwclock
Sat Jan  1 02:04:22 2005  0.000000 seconds
```

3. 设置系统时钟:

使用 date -s 命令可以设置系统时钟:

如要将当前时钟设置为 2016-08-03 22:30:10,可以使用如下命令:

```
~# date -s "2016-08-03 22:30:10"
Wed Aug  3 22:30:10 UTC 2016
```

4. 设置 RTC 时钟:

使用 hwclock -w,可以将系统时钟写入 RTC 时钟:

```
~# hwclock -w
```

5. 同步系统时钟:

使用 hwclock -s,可以将 RTC 时钟写入系统时钟:

```
~# hwclock -s
```

通过上面的叙述可以看出,如果想要改变当前的系统时间,且希望系统重启后改变依然生效,需要执行如下两步操作:

- 使用 `date -s` 命令修改当前的系统时钟;
- 使用 `hwclock -w` 命令将修改后的系统时钟写入 RTC 时钟。

例如需要将当前时钟设置为 2016-08-03 22:30:10,并希望该改变在系统重启后依然有效,应执行如下命令:

```
~# date -s "2016-08-03 22:30:10"  
Wed Aug 3 22:30:10 UTC 2016  
~# hwclock -w
```

2.19 摄像头测试

TWCore-IMX6DL 开发板提供 2 种摄像头接口:

1. CSI 接口

为测试 CSI 接口,在命令行下执行如下命令:

```
/unit_tests/mxc_v4l2_overlay.out -fg -di /dev/video0 -iw 800 -ih 480 -ow 800 -oh 480
```

2. MIPI CSI 接口

为测试 MIPI CSI 接口,在命令行下执行如下命令:

```
/unit_tests/mxc_v4l2_overlay.out -fg -di /dev/video1 -iw 800 -ih 480 -ow 800 -oh 480
```

在测试之前请接好相应的摄像头,执行命令后就可以在液晶上看到相应的摄像头画面

2.20 停止示例程序运行

开发板上电后会自动运行一个 QT 开发的示例程序。为停止该示例程序的运行,可在命令下执行如下命令:

```
~#killall QtDemo
```

为重新运行示例工程,可在命令行下执行如下命令:

```
~#cd /usr/share/qt5everywheredemo-1.0/  
~#./QtDemo -platform eglfs&
```

如果用户不希望每次开机自动运行该示例程序,可以修改/etc/rc5.d/S95qt.sh 文件,将其中的

```
source /etc/profile  
cd /usr/share/qt5everywheredemo-1.0/  
./QtDemo -platform eglfs &
```

三行注释掉(在行的最前面加#),即修改为:

```
#source /etc/profile  
#cd /usr/share/qt5everywheredemo-1.0/  
#./QtDemo -platform eglfs &
```

3. 组态界面程序开发

3.1 组态软件介绍

组态软件本质上是一种平台软件,用户利用组态软件提供的各种工具,可以通过类似“搭积木”的方式来完成自己所需要的软件功能,而不需要编写复杂的计算机程序,从而可以降低软件开发的难度,极大的提高软件开发效率。可以将组态软件的开发过程与电脑组装作为类比,比如要组装一台电脑,事先提供了各种型号的主板、机箱、电源、CPU、显示器、硬盘、光驱等,我们的工作就是用这些部件拼凑成自己需要的电脑。组态软件的开发过程也类似,即用户最终的程序是通过组态软件提供的各个模块拼接而成。当然软件中的组态要比硬件的组装有更大的发挥空间,因为它一般要比硬件中的“部件”更多,而且每个“部件”都很灵活,因为软件部件都有内部属性,通过改变属性可以改变其规格(如大小、形状、颜色等)。

随着工业自动化水平的迅速提高,计算机在工业领域的广泛应用,人们对工业自动化的要求越来越高,种类繁多的控制设备和过程监控装置在工业领域的应用,使得传统的工业控制软件已无法满足用户的各种需求。在开发传统的工业控制软件时,当工业被控对象一旦有变动,就必须修改其控制系统的源程序,导致其开发周期长;已开发成功的工控软件又由于每个控制项目的不同而使其重复使用率很低,导致它的价格非常昂贵;在修改工控软件的源程序时,倘若原来的编程人员因工作变动而离去时,则必须由其他人员进行源程序的修改,因而更是相当困难。通用工业自动化组态软件的出现为解决上述实际工程问题提供了一种崭新的方法,因为它能够很好地解决传统工业控制软件存在的种种问题,使用户能根据自己的控制对象和控制目的的任意组态,完成最终的自动化控制工程。

组态软件通常具有如下特点:

- 延续性和可扩充性:用组态软件开发的的应用程序,当现场(包括硬件设备或系统结构)或用户需求发生改变时,不需作很多修改就可以方便地完成软件的更新和升级;
- 封装性(易学易用):组态软件所能完成的功能都用一种方便用户使用的方法包装起来,对于用户,不需掌握太多的编程语言技术(甚至不需要编程技术),就能很好地完成一个复杂工程所要求的所有功能;
- 通用性:每个用户根据工程实际情况,利用组态软件提供的底层设备(如:PLC、智能仪表、智能模块、板卡、变频器等)的 I/O 驱动、开放式的数据库以及画面组态等工具,就能完成一个具有动画效果、实时数据处理、历史数据处理以及网络通讯等诸多功能的复杂工程,不受行业限制。

3.2 眺望组态软件的特色

眺望组态软件是广州眺望电子科技有限公司专门为嵌入式系统设计和开发的一款组态软件,其具有如下特色:

- 高效:眺望组态软件专为嵌入式系统设计,其代码体积小并高度优化,性能优越;
- 跨平台设计:眺望组态软件可移植性好,目前支持 Windows、Linux 等操作系统,支持 x86、ARM 等不同硬件平台;
- 易学易用:眺望组态软件提供了丰富的控件用于画面组态,且提供了历史数据管理、报警管理、表格管理等多种模块,用户即使在完全不了解 linux 操作系统的情况下,利用眺望组态软件提供的工具也可以方便快速的开发自己所需要的实际项目。因此学习成本低,可以极大的提高软件开发效率;

● C 语言编程:眺望组态软件提供了功能强大的 C 语言编程功能:包括在界面脚本中直接使用 C 语言、使用 C 语言开发用户设备私有的通讯协议等。因此用户可以充分利用 C 语言功能强大、灵活、效率高等优点,实现许多复杂应用。

3.3 眺望组态软件的使用说明

请参考文档《眺望组态软件使用说明书》。

4. Linux 应用程序开发

4.1 安装 Linux 操作系统

进行嵌入式 Linux 的开发,首先必须要有一个运行 Linux 操作系统的主机环境。搭建主机环境既可以选择在真实的电脑上直接安装 Linux 操作系统,也可以选择在虚拟机上安装。所谓虚拟机安装方式,就是指在 Windows 下安装一个虚拟机软件,然后通过虚拟机软件创建一台虚拟电脑,最后在虚拟电脑中安装 Linux 操作系统。在 Windows 下使用虚拟机,除了可以继续使用 Windows 下的工具之外,还有如下优势:

- 一台电脑可以同时存放多台虚拟机,这样就可以存在多个不同版本的 Linux 系统;
- 在硬件允许的情况下,甚至可以同时运行多台虚拟机;
- 安装好的虚拟机可以任意复制和拷贝,方便在不同电脑之间迁移;
- 用户在虚拟机中的任何操作,都不会对主机操作系统带来影响。例如万一用户在执行某个操作或者测试某个功能时,导致虚拟机中的操作系统无法正常启动,那只需重新安装虚拟机中的操作系统就可以了,虚拟机中操作系统出现的任何异常都不会影响到主机上的操作系统。

因此大多数情况下,用户都会选择在虚拟机中安装 Linux 操作系统。目前常用的虚拟机软件有 VMware、Virtual Box 和 Virtual PC 等,不同的虚拟机软件在使用方法上略有不同。本章节将以 VMware 为例进行介绍。

对于主机 Linux 操作系统而言,也存在众多的发行版本,常用的有 RedHat、Fedora、Debian、Ubuntu、SuSe 等。不同的发行版在安装和使用上都存在着一些差异。在进行嵌入式 Linux 开发时最常使用的是 Ubuntu 发行版。相比较其他发行版,Ubuntu 有如下优势:

- Ubuntu 流行度广,使用的用户多,这样在遇到问题寻求技术支持时会更为方便;
- Ubuntu 简单易用,尤其是在下载和更新软件时,Ubuntu 可以自动搜索软件包之间的依赖关系,自动完成软件包的安装;
- 现在很多处理器半导体厂商以及开发平台厂商都使用 Ubuntu 发行版,因此如果搭建主机环境时采用 Ubuntu,那么就可以直接使用半导体或者开发平台原厂提供的各种工具,减少开发过程中的障碍。

本章将以 Ubuntu 为例介绍主机环境的搭建过程。

4.1.1 VMware 软件

此处以 VMware12.1 版本为例介绍 VMware 软件的安装和使用。

用户可以从 www.vmware.com 下载 VMware 安装程序。双击安装程序,在弹出的对话框中点击“下一步”按钮,如下图所示:



图 4-1 安装 VMware

在弹出的“最终用户许可协议”对话框中，勾选“我接受许可协议中的条款”，并点击“下一步”按钮，如下图所示：



图 4-2 VMware 安装-许可协议

在弹出的“自定义安装”对话框中，用户可以更改程序的安装路径，也可以使用软件默

认的安装路径, 并点击“下一步”按钮, 如下图所示:

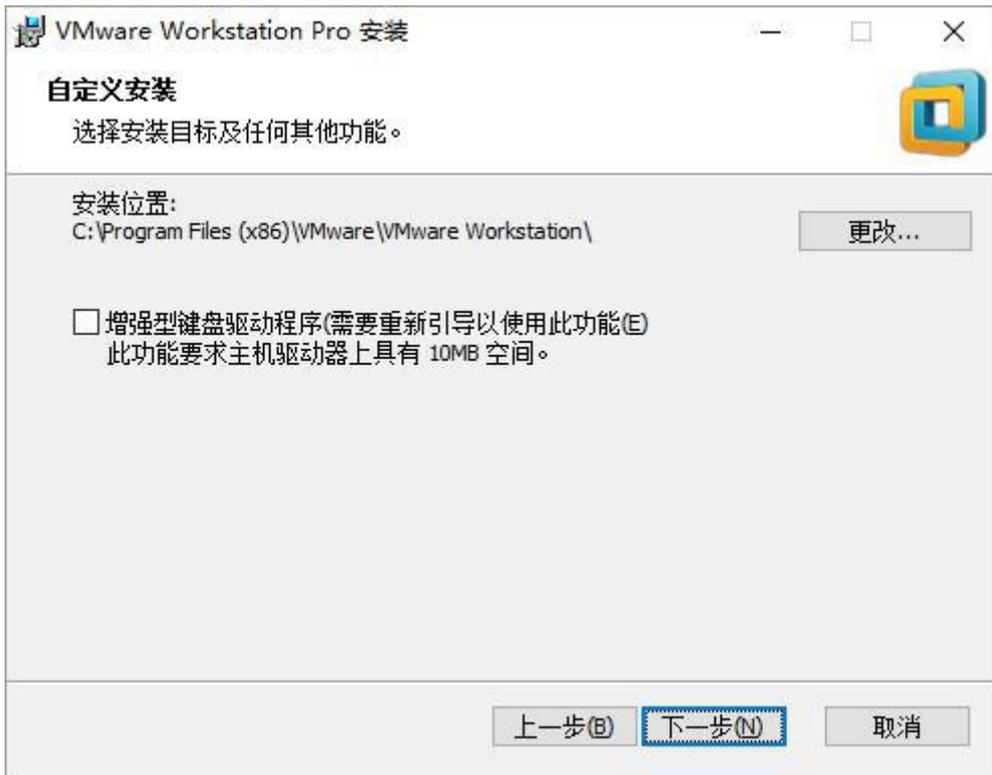


图 4-3 VMware 安装-设置安装路径

之后采用安装软件的默认设置, 一直点击“下一步”按钮, 直到出现如下界面:

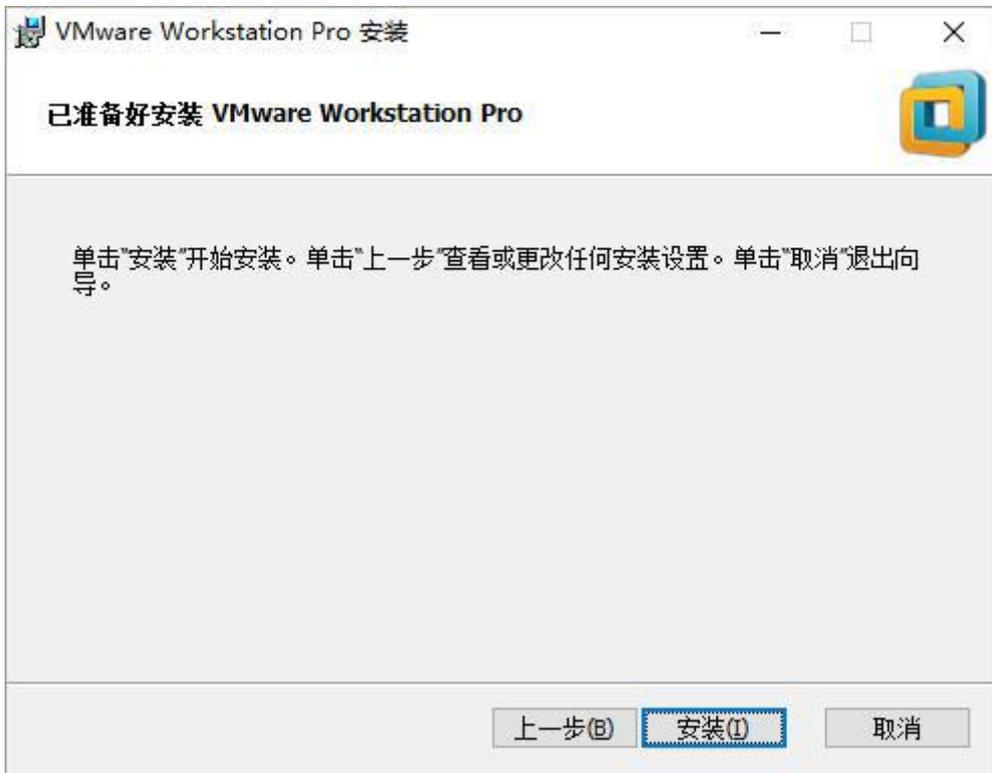


图 4-4 VMware 安装-开始安装

在该界面上点击“安装”按钮, 开始安装。安装完成后, 会提示如下界面



图 4-5 VMware 安装-安装完成

在该画面上,用户可以点击“许可证”按钮,输入软件的授权码;也可以先点击“完成”按钮,结束安装,在运行软件时,再输入授权码。如果点击“许可证”按钮,则弹出如下对话框:



图 4-6 VMware 安装-输入许可证

在该对话框中,用户输入软件的授权码,然后点击“输入”按钮,弹出如下画面:



图 4-7 VMware 安装-安装完成

在该画面中点击“完成”按钮即可完成安装。

4.1.2 创建和配置虚拟机

1. 创建虚拟机

运行 VMware 虚拟机软件,如下图所示:

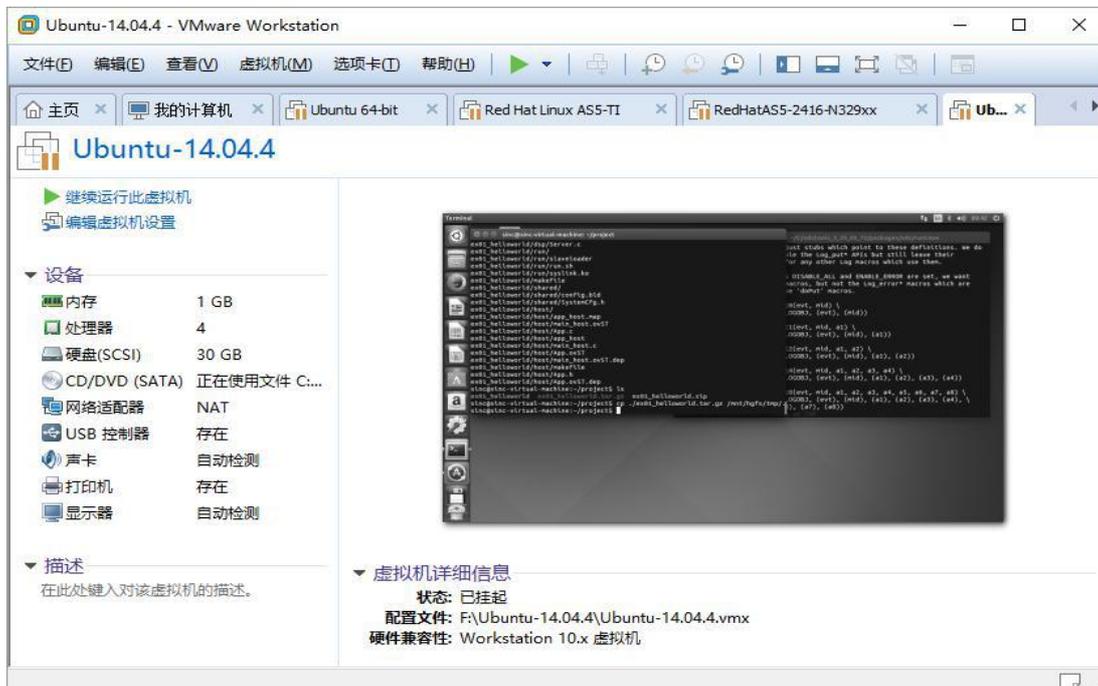


图 4-8 VMware 启动界面

点击“文件”菜单下的“新建虚拟机”子菜单，弹出“新建虚拟机向导”对话框，如下图所示：

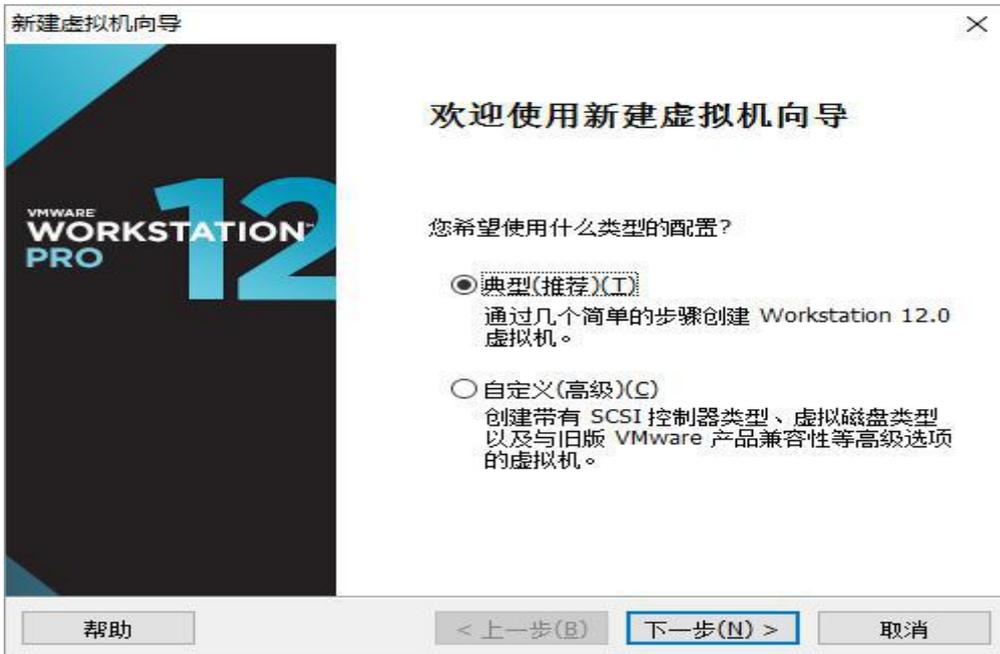


图 4-9 VMware 新建虚拟机向导

选择“典型（推荐）”，并点击“下一步”按钮，弹出“安装客户机操作系统”对话框，如下图所示：



图 4-10 安装客户机操作系统

选择“稍后安装操作系统”选项, 然后点击“下一步”按钮。弹出“选择操作系统”对话框, 如下图所示:



图 4-11 选择操作系统

其中“客户机操作系统”选择 Linux, “版本”则根据用户所下载的 Ubuntu 安装文件的实际版本进行选择, 如果要安装的 Ubuntu 是 32 位的版本, 则选择 Ubuntu; 如果要安装的 Ubuntu 是 64 位的版本, 则选择 Ubuntu 64, 此处选择安装 32 位版本的 Ubuntu。设置完成后, 点击“下一步”按钮, 弹出“命名虚拟机”对话框, 如下图所示:



图 4-12 命名虚拟机

其中“虚拟机名称”可以为虚拟机指定一个任意的名字;“位置”则为新创建的虚拟机指定一个存放路径,虚拟机可以存放在任意目录中,但必须保证该目录所在的磁盘有足够大的剩余空间。设置完成后,点击“下一步”按钮,弹出“指定磁盘容量”对话框,如下图所示:

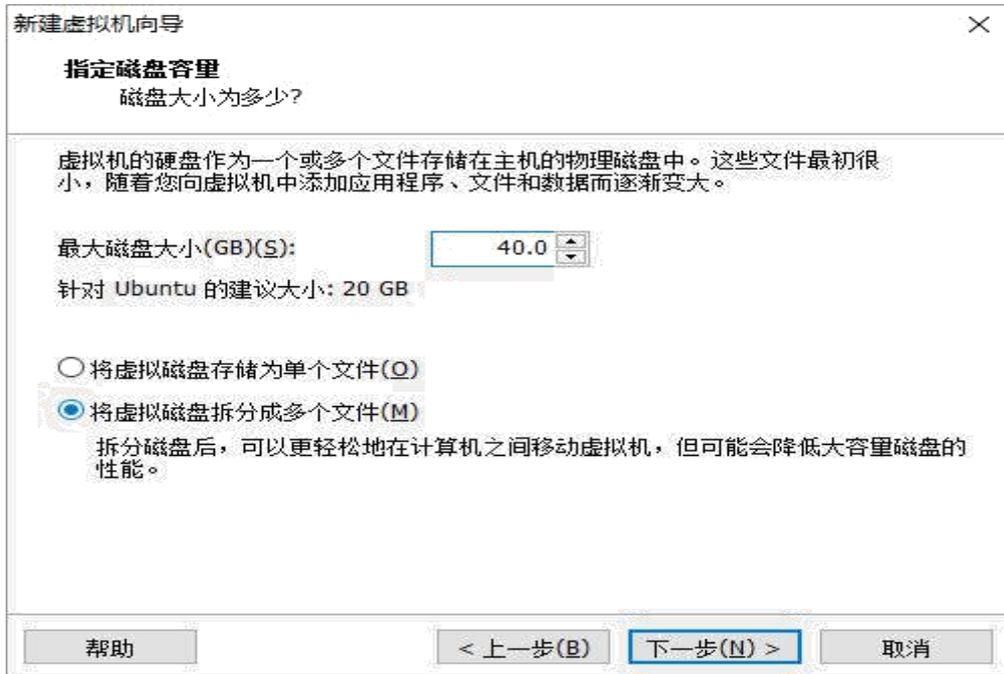


图 4-13 指定磁盘容量

关于“最大磁盘大小”这个参数说明如下:

- “最大磁盘大小”建议设置到 40G 以上。因为除了安装 Ubuntu 操作系统本身外,还会安装嵌入式 Linux 开发的各种工具,以及对应的源码等,都需要较大的磁盘空间;
- 虽然此处配置了 40G 的磁盘空间,但 VMware 并不会立即占用 40G 实际硬盘空间。虚拟磁盘文件会在使用过程中逐步增大,直到最大容量 40G。尽管不会立即占用 40GB 硬盘空间,但是为了将来方便使用,必须保证放置虚拟机所在的磁盘有超过 40G 的空闲空间。

设置完成后,点击“下一步”按钮,弹出“已准备好创建虚拟机”对话框,如下图所示:



图 4-14 已准备好创建虚拟机

点击“完成”按钮，完成虚拟机的创建工作。

2. 配置虚拟机

根据需要用户可以修改已创建虚拟机的参数配置，具体方法如下：在虚拟机主界面上，点击需要修改的虚拟机标签页，如下图所示：



图 4-15 配置虚拟机

点击左侧的“编辑虚拟机设置”按钮，弹出“虚拟机设置”对话框，如下图所示：

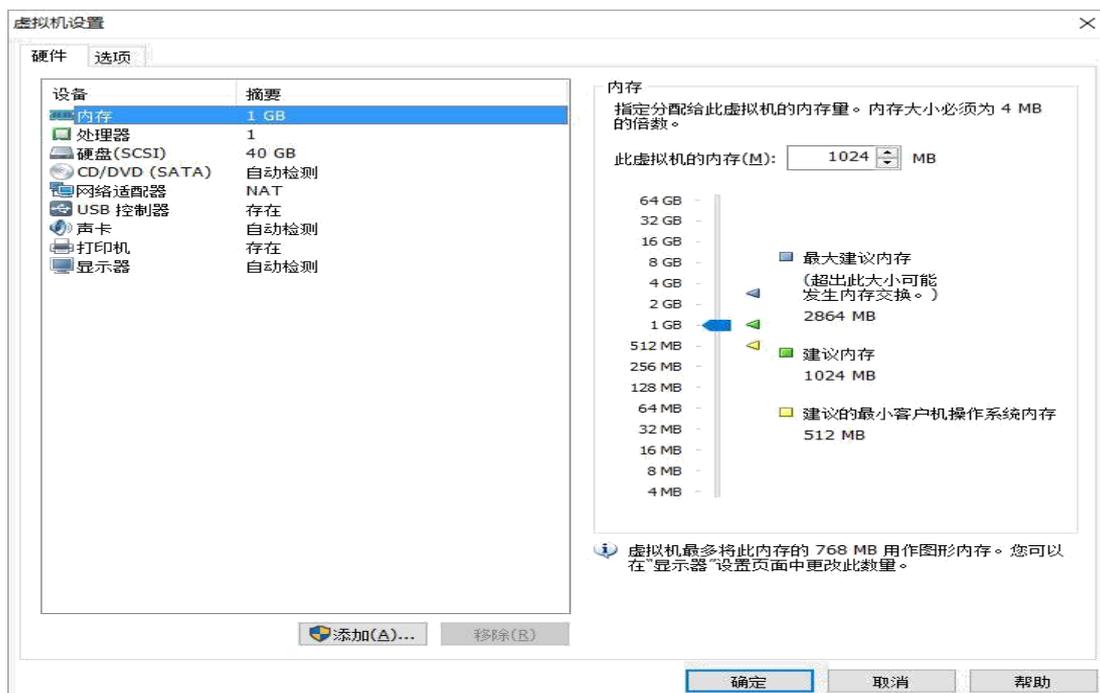


图 4-16 虚拟机设置

在该对话框中,可以对虚拟机的内存、网络等参数进行配置和修改。以下重点介绍网络部分的设置,网络设置界面如下图所示:

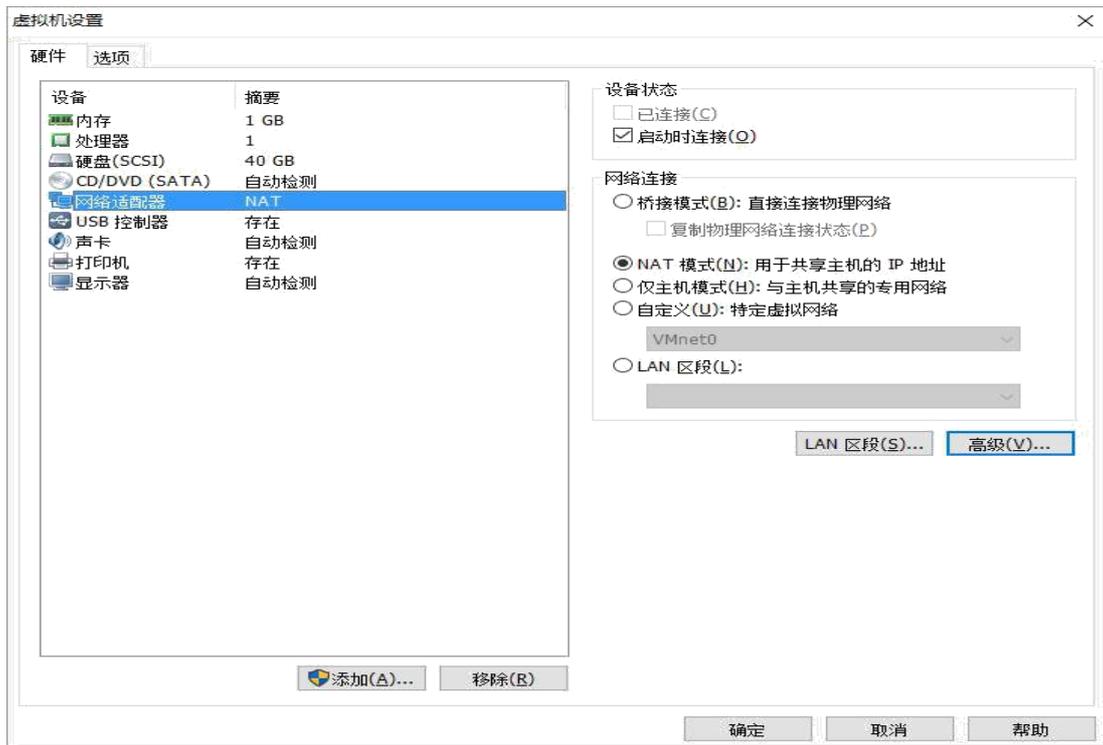


图 4-17 VMware 网络设置

如图所示,虚拟机网络可以工作在如下 3 种模式:

1. 桥接模式:

在这种模式下,VMware 虚拟出来的操作系统就像是局域网中的一台独立的主机,它可以访问网内任何一台机器。在桥接模式下,虚拟系统和宿主机器的关系,就像连接在同一个 Hub 上的两台电脑。用户需要手工为虚拟系统配置 IP 地址、子网掩码,而且还要和宿主机器处于同一网段,这样虚拟系统才能和宿主机器进行通信。同时,由于这个虚拟系统是局域网内的一个独立的主机系统,那么就可以手工配置它的 TCP/IP 配置信息,以实现通过局域网的网关或路由器访问互联网。

在进行嵌入式 Linux 开发时,如果需要目标板通过 NFS 文件系统挂载虚拟机的 NFS 共享目录的话,必须将虚拟网卡配置为桥接模式。

2. NAT 模式

使用 NAT 模式,就是让虚拟系统借助 NAT(网络地址转换)功能,通过宿主机器所在的网络来访问公网,也就是说,使用 NAT 模式可以实现在虚拟系统里访问互联网。NAT 模式下虚拟系统的 TCP/IP 配置信息是由 VMnet8(NAT)虚拟网络的 DHCP 服务器提供的,虚拟机无法正常对主机所连网络中的其它主机提供普通的网络服务,如 TFTP、NFS 和 FTP 等。

采用 NAT 模式最大的优势是虚拟系统接入互联网非常简单,用户不需要进行任何其它的配置,只需要宿主机器能访问互联网即可。

3. 仅主机模式

在某些特殊的网络调试环境中,要求将真实环境和虚拟环境隔离开,这时用户就可采用仅主机(Host-Only)模式。在 Host-Only 模式中,所有的虚拟系统是可以相互通信的,但虚拟系统和真实的网络是被隔离开的。

4.1.3 安装 Ubuntu

此处以 Ubuntu 14.04.4 版本为例介绍 Ubuntu 的安装和使用。

用户可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/开发环境/ubuntu 镜像文件”下载 Ubuntu ISO 光盘映像文件。其中 ubuntu-16.04.3-desktop-amd64.iso 为 Ubuntu 16.04.3 64 位桌面版本,本节将以该映像文件为例介绍 Ubuntu 的安装过程。

在安装 Ubuntu 前,先按照“创建和配置虚拟机”章节的步骤创建一个 VMware 虚拟机。打开 VMware 软件,在主界面上选中需要安装 Ubuntu 的虚拟机,如下图所示:



图 4-18 配置虚拟机

点击左侧的“编辑虚拟机设置”按钮,弹出“虚拟机设置”对话框,选择“硬件”标签页下的“CD/DVD (SATA)”标签,进入光驱的配置界面,如下图所示:

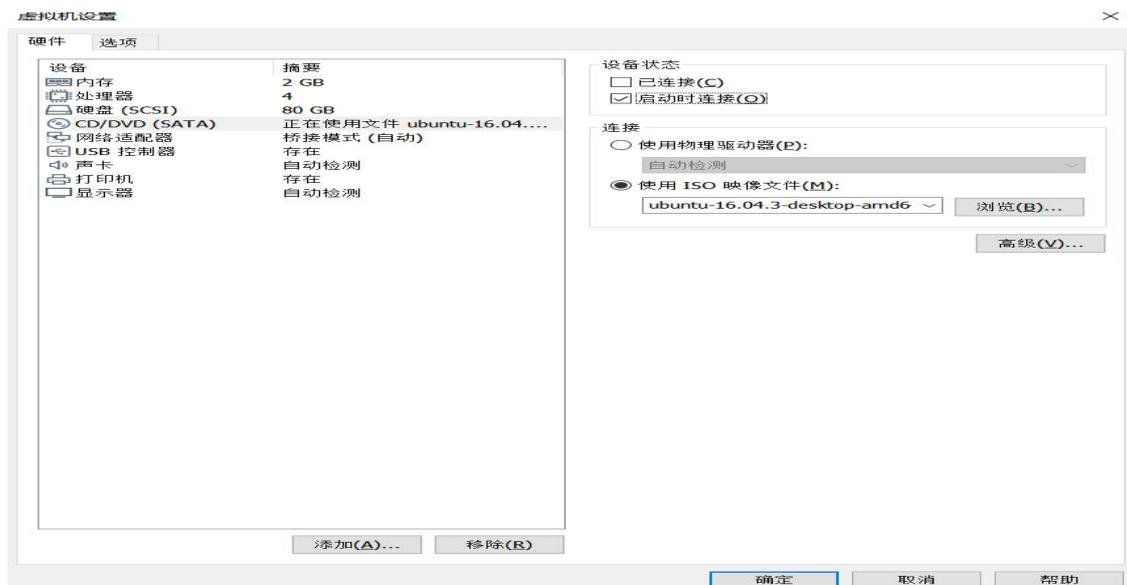


图 4-19 设置 ISO 文件



图 4-22 Ubuntu 安装-准备安装 Ubuntu

该界面会给出当前安装环境的检测结果,包括系统空闲磁盘以及是否联网等信息。点击“继续”按钮,会出现“安装类型”界面,如下图所示:



图 4-23 Ubuntu 安装-安装类型选择

直接使用默认配置：“清除整个磁盘并安装 Ubuntu”，点击“现在安装”按钮，会弹出一个确认“将改动写入磁盘吗？”的提示界面，如下图所示：

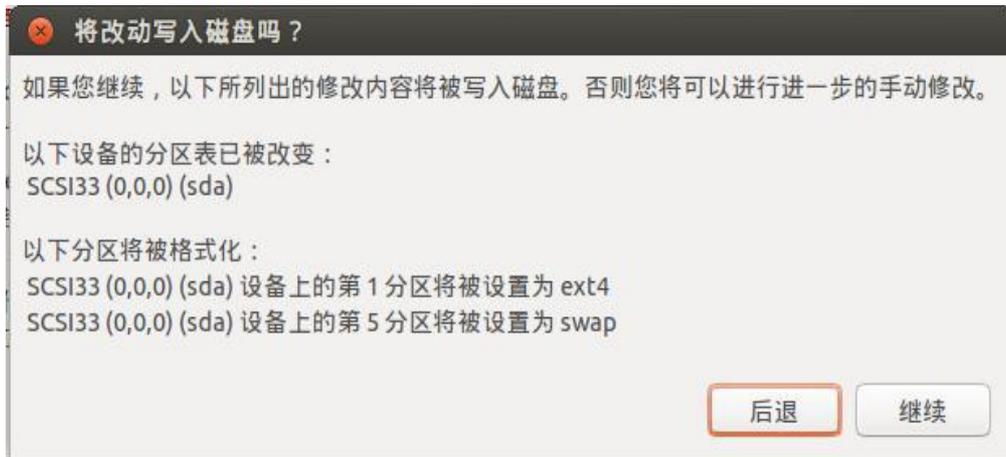


图 4-24 Ubuntu 安装-将改动写入磁盘提示界面

点击“继续”按钮，会出现“地理位置选择”界面，如下图所示：

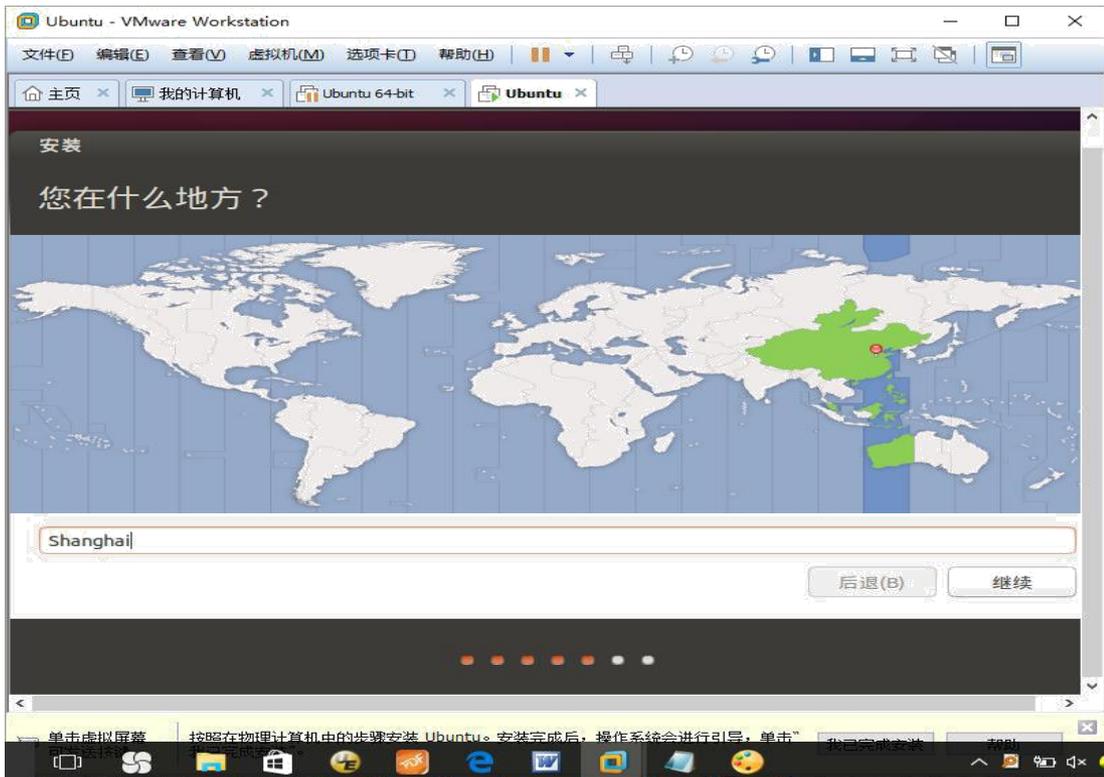


图 4-25 Ubuntu 安装-地理位置选择

使用默认值“shanghai”，点击“继续”按钮，会出现“键盘布局”界面，如下图所示：

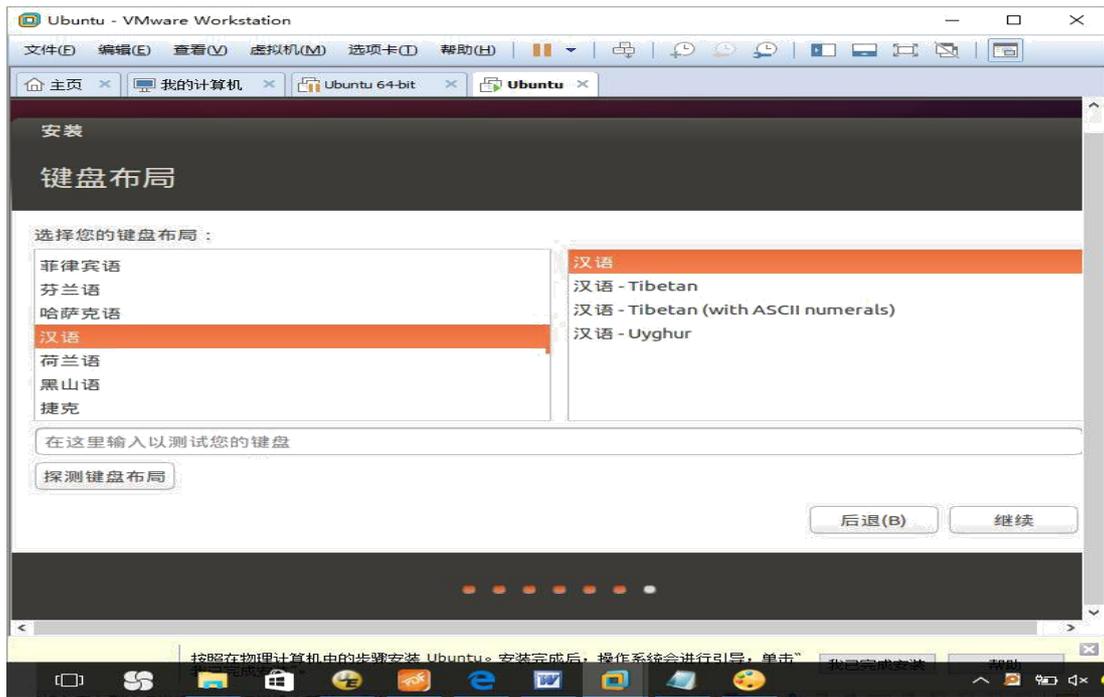


图 4-26 Ubuntu 安装-键盘布局

使用默认值“汉语”，点击“继续”按钮，会进入“用户信息设置”界面，如下图所示：

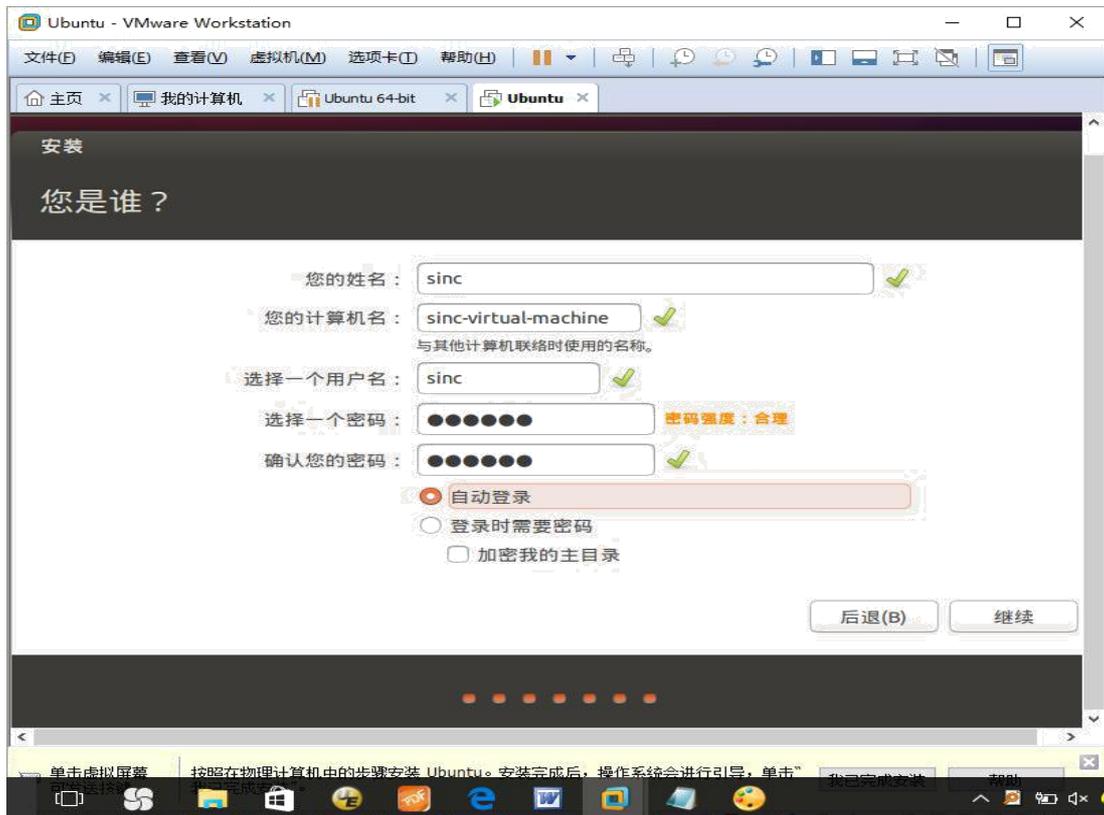


图 4-27 Ubuntu 安装-用户信息设置

在该界面中配置登录 Ubuntu 时的用户名和密码,为了使用更为方便,可以选择“自动登录”选项,这样每次启动系统时,就不会出现系统登录界面,而是直接进入 Ubuntu 桌面。设置完成后,点击“继续”按钮,会出现“正在安装”界面,如下图所示:



图 4-28 Ubuntu 安装-正在安装

耐心等待系统安装完成。系统安装完成后,会出现“安装完成”对话框,如下图所示:



图 4-29 Ubuntu 安装-重启系统

点击“现在重启”按钮,重启后即可进入了 Ubuntu 桌面环境。

主要包含以下要素:常用故障列表、异常操作警告等。

4.1.4 安装 VMware Tool

进入 Ubuntu 系统后,屏幕不能全屏,也不能通过共享目录以及通过拖曳方式在 Windows 和虚拟机 Ubuntu 系统之间传输文件,这是因为还需要有安装 VMware Tool 工具。下面介绍 VMware Tools 的安装方法:

点击“虚拟机”菜单下的“安装 VMware Tools”子菜单,系统会自动挂载 VMware Tools

安装包, 安装前需要将该安装包解压然后再进行安装。可以使用“Ctrl+Alt+T”组合按键打开控制台终端, 然后在命令行下执行如下操作(此处假定将安装包解压到/home/sinc 目录下):

```
cd /media/sinc/Vmware\ Tools/  
tar zxvf VMWareTools-8.1.3-203739.tar.gz -C /home/sinc
```

将 VMWareTools-8.1.3-203739.tar.gz 解压到 /home/sinc 目录下。解压成功后, 进入 /home/sinc 目录, 可以看到其中有一个名为 vmware-tools-distrib 的目录。

需要说明的是第一个命令是进入 VMWare Tools 安装包所在的路径, 该路径与用户安装 Ubuntu 时所输入的用户名有关, 用户可以采用如下方法确定该目录:

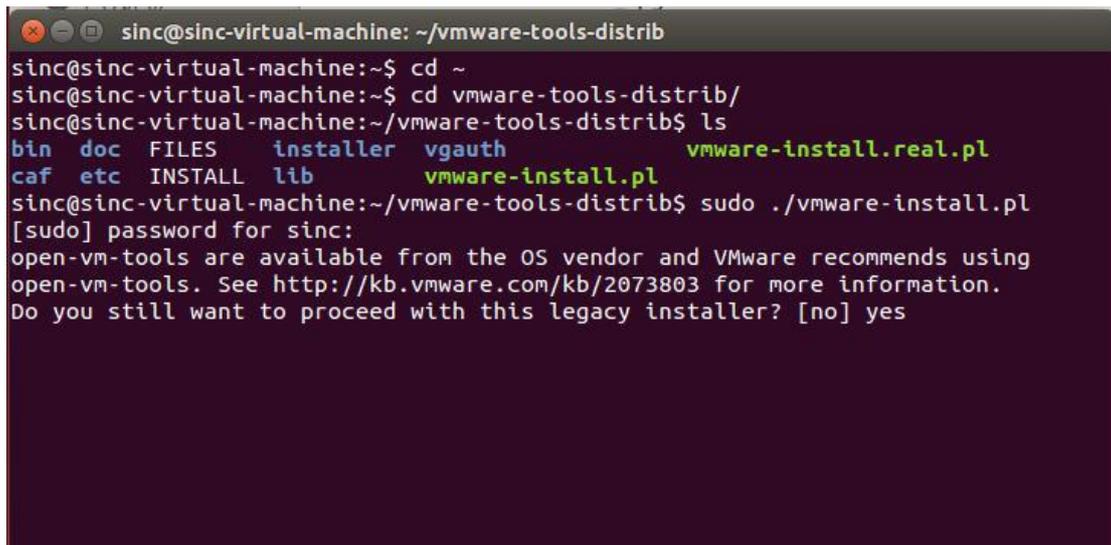
首先在命令行上输入 cd /media/, 然后使用键盘左边的 Tab 键补全剩余的输入, 对于此例当用户第一次按 Tab 键时, 命令行上会出现 cd /media/sinc/, 然后继续再按一次 Tab 键, 命令行上会出现 cd /media/sinc/Vmware\ Tools/, 即可完成输入。

解压完成后, 在命令行下执行如下操作:

```
cd /home/sinc/vmware-tools-distrib  
sudo ./vmware-install.pl
```

执行 sudo 时, 会提示输入 root 用户的密码, 使用 Ubuntu 安装时输入的密码即可。

在安装开始后, VMWare Tools 会询问一些安装配置, 第一次询问的内容如下图所示:



```
sinc@sinc-virtual-machine: ~/vmware-tools-distrib  
sinc@sinc-virtual-machine:~$ cd ~  
sinc@sinc-virtual-machine:~$ cd vmware-tools-distrib/  
sinc@sinc-virtual-machine:~/vmware-tools-distrib$ ls  
bin doc FILES installer vgauth vmware-install.real.pl  
caf etc INSTALL lib vmware-install.pl  
sinc@sinc-virtual-machine:~/vmware-tools-distrib$ sudo ./vmware-install.pl  
[sudo] password for sinc:  
open-vm-tools are available from the OS vendor and VMware recommends using  
open-vm-tools. See http://kb.vmware.com/kb/2073803 for more information.  
Do you still want to proceed with this legacy installer? [no] yes
```

图 4-30 VMware Tool 安装

除了第一次需要输入 yes, 并按回车外, 后续的询问全部按回车键使用默认配置即可。

4.1.5 虚拟机和主机之间传输文件

安装完 VMWare Tool 后, 可以使用如下两种方法在虚拟机和主机之间传输文件:

1. 直接拖曳的方式:

可以直接用鼠标拖曳的方式在主机和虚拟机之间传输文件。如果要将主机文件拷贝到虚拟机中, 只需用鼠标选中主机文件并将其拖曳到虚拟机相应的目录下即可; 而如果要将虚拟机文件拷贝到主机中, 也只需鼠标选中虚拟机文件并将其拖曳到主机相应的目录。

2. 使用共享目录:

VMwareTools 安装成功后, 就可以设置主机和虚拟机之间的共享目录。通过共享目录, 主机和虚拟机之间可以方便的传输文件。设置共享目录的方法如下:

首先点击“关闭客户机”按钮, 关闭虚拟机, 如下图所示:

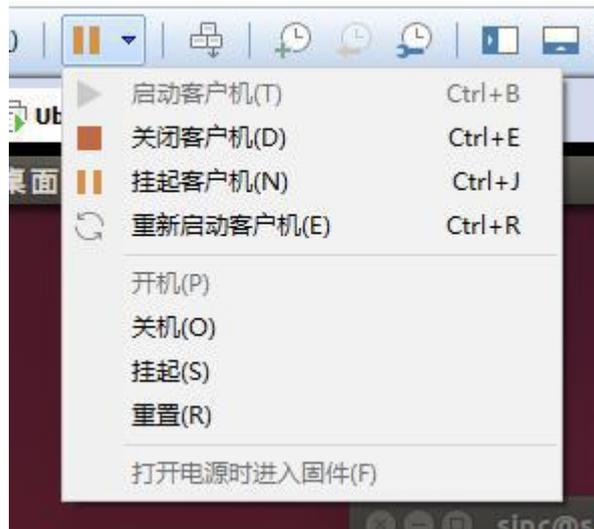


图 4-31 关闭虚拟机

虚拟机关闭后, 在主界面上选中需要设置共享目录的虚拟机, 如下图所示:



图 4-32 配置虚拟机

点击左侧的“编辑虚拟机设置”按钮, 弹出“虚拟机设置”对话框, 选择“选项”标签页下的“共享文件夹”标签, 如下图所示:

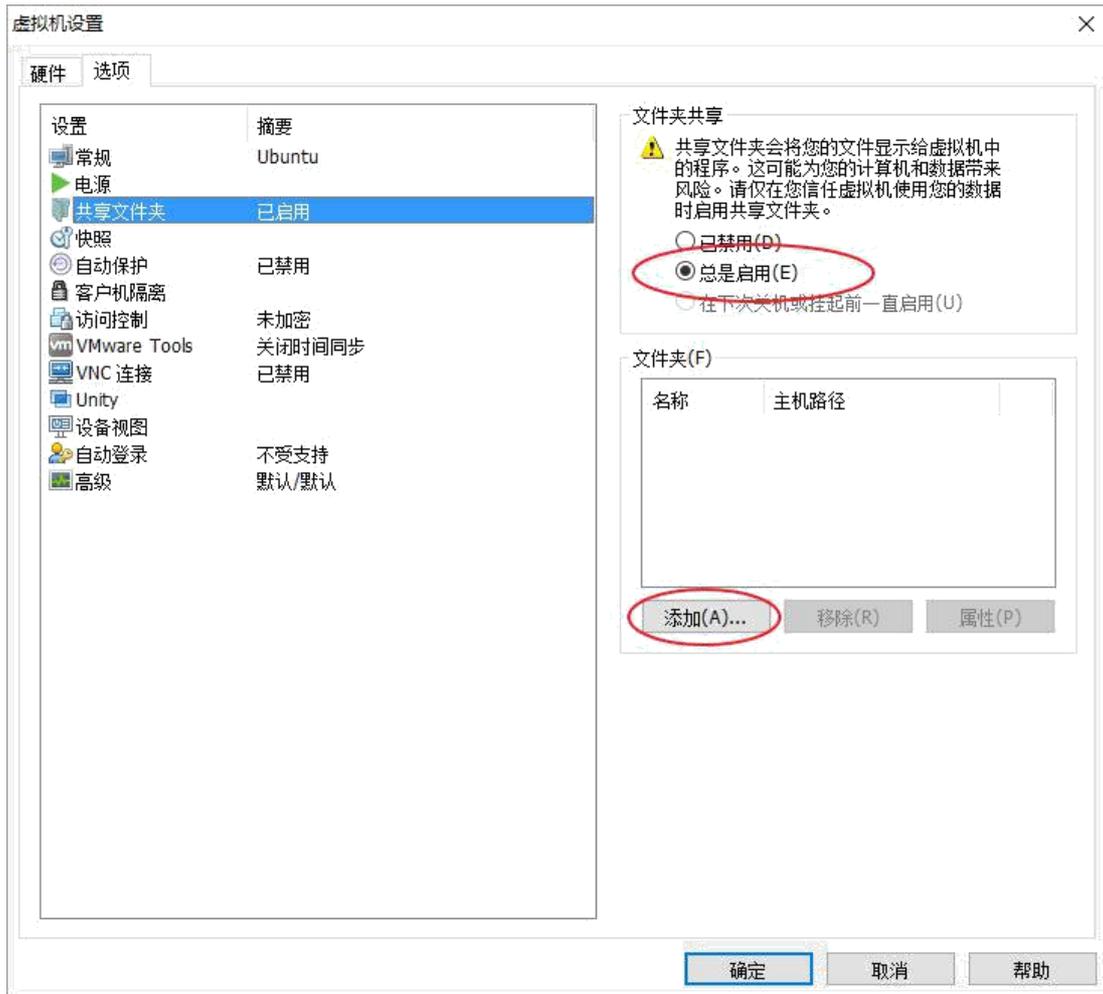


图 4-33 设置共享文件夹

选择“总是启用”，并点击“添加”按钮，弹出“添加共享文件夹向导”对话框，如下图所示：

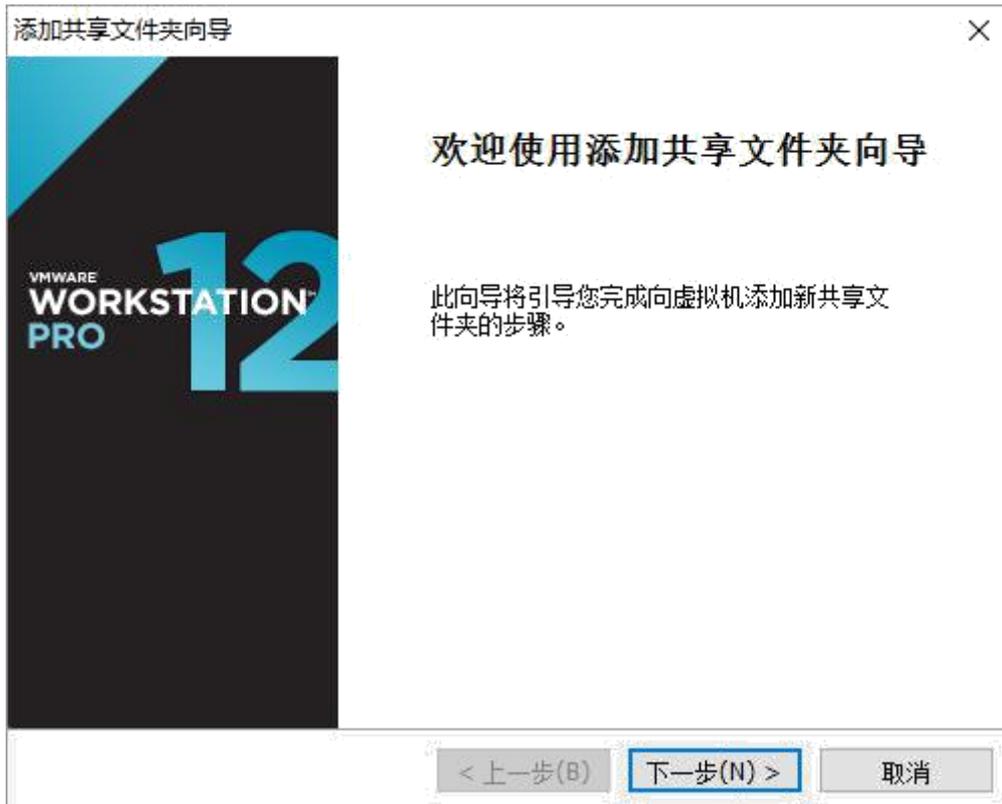


图 4-34 添加共享文件夹向导

点击“下一步”按钮,弹出“命名共享文件夹”对话框,如下图所示:



图 4-35 命名共享文件夹

“主机路径”可以是主机上的任意目录,虚拟机和主机将通过这个目录传输文件。“主机路径”可以通过点击“浏览”按钮进行设置。“名称”是在虚拟机中可以看到的目录名。设置完成后,点击“下一步”即可。

重新运行虚拟机,进入 Ubuntu 系统后,可以在/mnt/hgfs 目录下看到前面设置的共享文件夹,通过这个文件夹就可以在主机和虚拟机之间传输文件了。

4.1.6 Ubuntu 操作简介

1. Ubuntu 桌面

Ubuntu 启动后,进入桌面系统,桌面环境如下图所示:

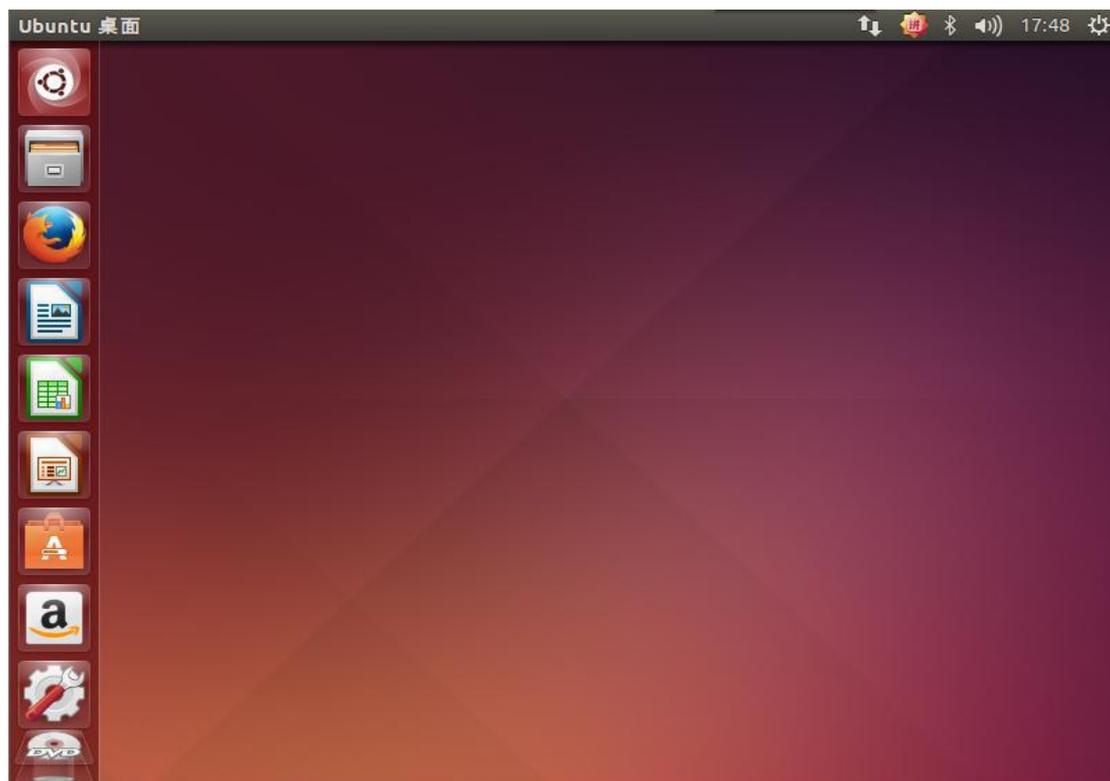


图 4-36 Ubuntu 桌面环境

在桌面右上角显示的是网络连接、输入法、蓝牙、音量、时间等信息。

桌面的左侧是任务栏。在任务栏上,可以看到 Ubuntu 为用户准备了一些常用的软件:



文件浏览器,用于浏览计算机上的文件;



火狐浏览器;



文档处理软件,类似微软的 Word 软件;



表格处理软件,类似微软的 Execl 软件;



演示文稿软件, 类似微软的 PowerPoint;



软件中心, 管理已安装的软件, 并提供大量软件的下载、安装;



系统设置。

2. 输入法

在桌面的右上角点击  图标打开输入法菜单, 如下图所示:



图 4-37 输入法设置菜单

从该菜单上可以看到系统已经默认安装了一种中文输入法。按 **Shift** 键可以用来切换中英文输入。点击“Perference”可以对输入法进行设置。

3. 系统设置



在任务栏上点击  图标, 即可打开系统设置窗口, 如下图所示:



图 4-38 系统设置

在该窗口中用户可以对系统时间、网络、显示等参数进行设置,该窗口类似于 Windows 下的“控制面板”。

如果用户进入 Ubuntu 系统后,桌面没有全屏显示,此时就可以在“系统设置”里点击“显示”图标,进入“显示”配置界面,对显示的分辨率进行配置。

4. 搜索软件和文件

在 Ubuntu 桌面环境,用户可以用 Dash 工具查找软件、文件和目录。在任务栏点击



图标,即可打开 Dash 的界面,如下图所示:



图 4-39 Dash 界面

在 Dash 界面显示了用户最近打开的程序和文件的图标。Dash 界面还有一个“搜索”输入框,用于搜索已安装的程序或者文件。

5. 打开终端

在 Dash 的搜索输入框输入“terminal”,即可搜索到终端程序。按“Ctrl+Alt+T”组合键也可以打开终端窗口。按“Ctrl+Shift+T”键可以在终端窗口打开一个新的终端标签页,按“Alt+1”、“Alt+2”等可以在各终端标签页之间进行切换。

6. 安装软件

在 Ubuntu 中一般使用 apt-get 命令安装软件。但前提是虚拟机必须已经连接到互联网。apt-get 命令在执行时会在网上下载指定的软件包,然后完成安装。

例如需要安装 vim 软件,可以执行如下命令:

```
$ sudo apt-get install vim
```

如果要卸载安装好的 vim,可以执行如下命令:

```
$ sudo apt-get remove vim
```

除了使用 apt-get 命令外,Ubuntu 也提供了很好的图形界面让用户查找、安装自己所需的软件。在 Ubuntu 桌面的左侧任务栏,点击  图标,即可打开软件中心,如下图所示:



图 4-40 Ubuntu 软件中心

在软件中心,用户可以很方便的查找、下载和安装软件,或者卸载已经安装好的软件。

4.2 嵌入式 Linux 开发简介

由于嵌入式系统资源匮乏,一般不能像 PC 机一样安装本地编译器和调试器,不能在本地编写、编译和调试自身运行的程序,而需借助其它系统如 PC 机来完成这些工作,这样的系统通常被称为宿主机。

宿主机通常是 Linux 系统,并安装交叉编译器、调试器等工具;宿主机也可以是 Windows 系统,安装嵌入式 Linux 集成开发环境。在宿主机上编写和编译代码,通过串口、网口或者硬件调试器将程序下载到目标系统里运行。

所谓的交叉编译,就是在宿主机平台上使用某种特定的交叉编译器,为某种与宿主机不同平台的目标系统编译程序,得到的程序在目标系统上运行而非在宿主机本地运行。这里的平台包含两层含义:一是核心处理器的架构,二是所运行的系统。

交叉编译器是在宿主机上运行的编译器,但是编译后得到的二进制程序却不能在宿主机上运行,而只能在目标机上运行。交叉编译器命名方式一般遵循“处理器-系统-gcc”这样的规则,一般通过名称便可以知道交叉编译器的功能。例如下列交叉编译器:

- arm-uclinuxeabi-gcc,表示目标处理器是 ARM,运行 uClinux 操作系统;
- arm-none-linux-gnueabi-gcc,表示目标处理器 ARM,运行 Linux 操作系统;
- mips-linux-gnu-gcc,表示目标处理器是 MIPS,运行 Linux 操作系统。

进行 ARM Linux 开发,通常选择 arm-linux-gcc 交叉编译器。ARM-Linux 交叉编译器可以自行从源代码编译,也可以从第三方获取。在能从第三方获取交叉编译器的情况下,请尽量采用第三方编译器而不要自行编译,一是编译过程繁琐,不能保证成功,二是就算编译成功,也不能保证交叉编译器的稳定性,编译器的不稳定性会对后续的开发带来无限隐患。

而第三方提供的交叉编译器通常都经过比较完善的测试,确认是稳定可靠的。

4.3 安装交叉编译器

TWCore-IMX6DL 开发板使用 arm-poky-linux-gnueabi-gcc 5.3.0 版本交叉编译器,其安装包为 arm-poky-linux-gnueabi-gcc-5.3.0.tar.gz,可从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/1、编译工具/arm-poky-linux-gnueabi-gcc-5.3.0.tar.gz”中直接获取。具体安装步骤如下:

- 1、将 arm-poky-linux-gnueabi-gcc-5.3.0.tar.gz 拷贝到 Ubuntu 虚拟机/opt 目录下(方法可参考“虚拟机和主机之间传输文件”节的描述);
- 2、使用“Ctrl+Alt+T”组合按键打开控制台终端,然后在命令行下执行如下操作:

```
cd /opt
sudo tar zxvf arm-poky-linux-gnueabi-gcc-5.3.0.tar.gz
```

将 arm-poky-linux-gnueabi-gcc-5.3.0.tar.gz 解压到/opt 目录下(注意:必须解压到/opt 目录下,解压到其他目录会导致编译器无法正常运行)。解压成功后,进入/opt 目录,可以看到其中有一个名为 fsl-imx-fb 的目录。

- 3、测试编译器是否可以正常运行

在编译器安装完成后,可以简单的测试一下交叉编译器是否可以正常运行。方法如下:

在命令行下执行:

```
$source/opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/environment-setup-cortexa9hf-neon-poky-linux-gnueabi
$arm-poky-linux-gnueabi-gcc -v
```

如果能显示编译器的版本信息,则表明编译器已经可以正常运行了。

4.4 Hello, World!

本节以一个“HelloWorld”示例来介绍如何在 Linux 宿主机上进行 C 语言程序的编写和编译以及如何将编译出的程序下载到开发板上并在开发板上运行该程序。该例程功能十分简单,就是在控制台上打印“Hello World”字符串。

该示例的源码可以从“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、示例 demo /HelloWorld”中获取。

4.4.1 编写 HelloWorld 源程序

在 Linux 宿主机任意目录下创建一个 HelloWorld 文件夹,用于存放 helloworld.c 源文件。此处假定在/home/sinc/demo 下创建 HelloWorld 文件夹。执行的命令如下:

```
$mkdir /home/sinc/demo
$mkdir /home/sinc/demo/HelloWorld
$cd /home/sinc/demo/HelloWorld
```

在该目录下新建一个 helloworld.c 的源文件,其内容如下:

```
#include <stdio.h>
int main(int argc, char *argv[])
{
    printf("HelloWorld\n");
    return 0;
}
```

保存文件并退出。

4.4.2 配置交叉编译器环境

```
Source /opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/environment-setup-cortexa9hf-neon-poky-linux-gnueabi
```

4.4.3 编译 helloworld 程序

进入源码所在目录, 在命令行下执行如下命令编译程序:

```
$CC -o helloworld helloworld.c
```

其中“helloworld.c”为需要编译的源文件, “-o helloworld”表明交叉编译后可执行文件名为“helloworld”。

编译成功后, 执行 ls 命令, 可以看到在 HelloWorld 目录下会产生一个 helloworld 的可执行文件。

注: 对于 C++ 程序, 可以使用 \$CXX 进行编译。

4.4.4 下载程序

假设 windows 主机和虚拟机之间的共享目录为 /mnt/hgfs/share, 则使用如下命令将 helloworld 程序拷贝到 windows 主机上:

```
$cp /home/sinc/HelloWorld/helloworld /mnt/hgfs/share
```

拷贝完成后, 在 windows 主机设置的共享目录中, 可以找到 helloworld 可执行文件。按照“与 PC 互传文件”一节所示的方法把文件下载到开发板中。

4.4.5 运行程序

登录到开发板上, 进入 helloworld 所在的目录, 为 helloworld 文件增加可执行权限, 并执行程序。具体的命令行如下:

```
~ #chmod a+x helloworld
~ # ./helloworld
Hello Wold
```

从执行结果可以看出, 在终端上已经打印出了“Hello World”字符串。

4.5 QT 编程

4.5.1 QT 介绍

Qt 是一个跨平台的 C++ 图形用户界面库, 由挪威 TrollTech 公司出品(2008 年被诺基亚收购, 2012 年被 Digia 收购), Qt 支持包括 Linux 在内所有的 Unix 系统, 同时也支持 Windows 平台。Qt 目前是 Linux 下主流的图形界面支撑环境, Linux 桌面系统 KDE 也是基于 Qt 开发的。Qt 具备如下优点:

1. 优良的跨平台特性:

Qt 支持下列操作系统: Microsoft Windows 95/98, Microsoft Windows NT, Linux, Solaris, SunOS, HP-UX, Digital UNIX (OSF/1, Tru64), Irix, FreeBSD, BSD/OS, SCO, AIX, OS390, QNX 等等。

2. 面向对象

Qt 的良好封装机制使得 Qt 的模块化程度非常高, 可重用性较好, 对于用户开发来说是非常方便的。Qt 提供了一种称为 signals/slots 的安全类型来替代 callback, 这使得各个元件之间的协同工作变得十分简单。

3. 丰富的 API

Qt 包括多达 250 个以上的 C++ 类, 还替供基于模板的 `collections`, `serialization`, `file`, `I/O device`, `directory management`, `date/time` 类。甚至还包括正则表达式的处理功能。

4. 支持 2D/3D 图形渲染, 支持 OpenGL

5. 大量的开发文档

6. XML 支持

对于 TWCORE-IMX6DL 开发板, 使用 QT5.6.2 作为其运行环境。以下将介绍如何在 Ubuntu 下开发 QT 程序, 以及在开发板上如何运行 QT 程序。

4.5.2 安装和配置 Qt Creator

Qt Creator 是一个跨平台的集成开发环境, 用户可以在 Qt Creator 提供的开发环境中完成 Qt 应用程序开发, 包括 Qt 工程的创建、编辑、编译、调试等。

在安装 Qt Creator 前, 需要在 Ubuntu 虚拟机中安装交叉编译器, 交叉编译器的安装步骤可参考“[安装交叉编译器](#)”一节。

安装 Qt Creator

此处以 Qt Creator2.6.1 为例介绍 Qt Creator 的安装过程。Qt Creator2.6.1 的安装程序可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/2、开发工具软件/qt-creator-linux-x86-opensource-2.6.1.bin”直接获取。

- 将 Qt Creator2.6.1 安装程序“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、软件源码/qt-creator-linux-x86-opensource-2.6.1.bin”拷贝到 Ubuntu 虚拟机任意目录下, 此处假定拷贝到/home/sinc/目录下。在命令行下执行如下命令安装 Qt Creator:

```
$ ./qt-creator-linux-x86-opensource-2.6.1.bin
```

- 在弹出的对话框中, 选择“Next”。

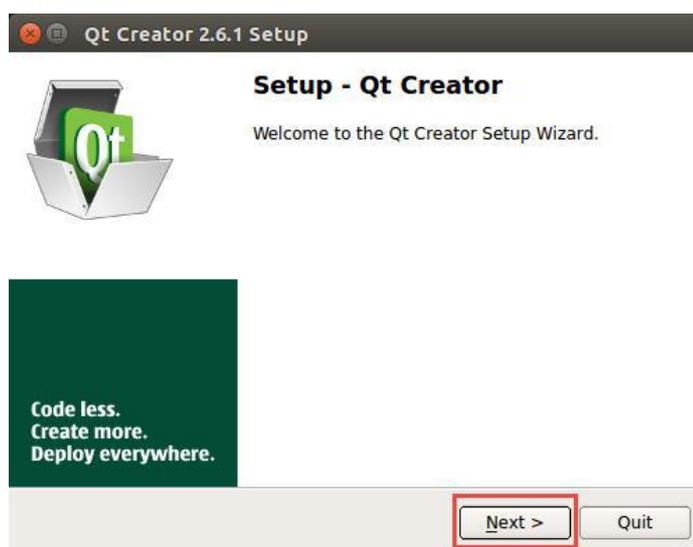


图 4-41 开始安装 Qt Creator

- 在弹出的对话框内, 选择 Qt Creator 的安装目录:

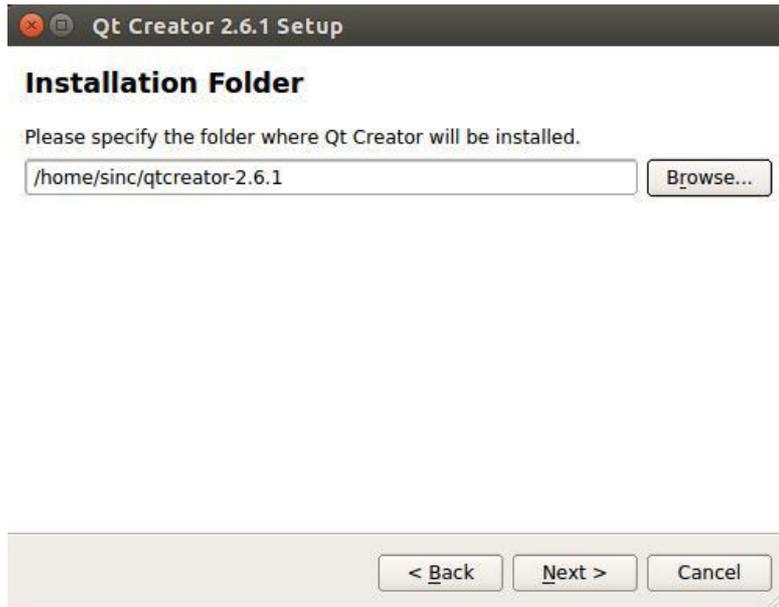


图 4-42 设置安装路径

- 点击“Next”后, 在对话框内, 选择同意安装协议:

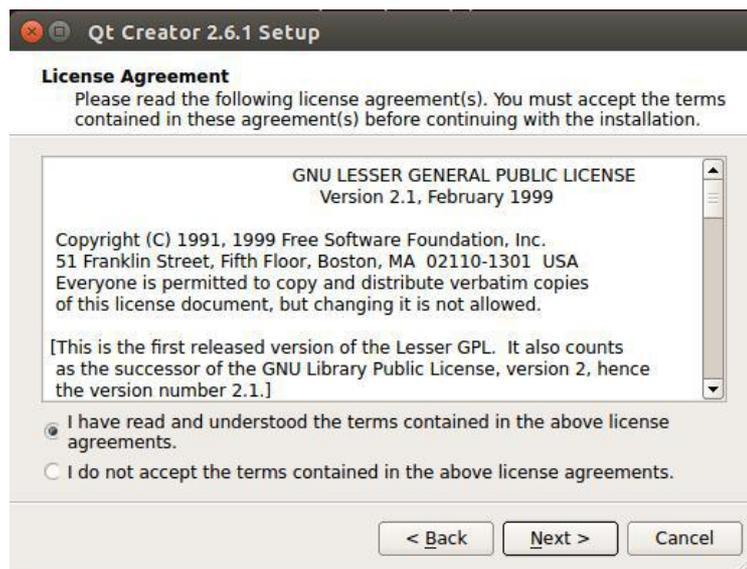


图 4-43 版权许可

- 点击“Next”后, 在对话框里选择“Install”, 等待一段时间后, 安装完成。



图 4-44 完成安装

- 进入 Qt Creator 安装路径的 bin 子目录,修改 qtcreator.sh 文件。在该文件的最开头增加如下内容:(该内容必须位于#! /bin/sh 之前)

```
source /opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/environment-setup-cortexa9hf-neon-poky-linux-gnueabi
```

- 运行 Qt Creator。进入 Qt Creator 安装路径的 bin 子目录,并在命令行下执行如下命令:(注意是运行 qtcreator.sh,而不是 qtcreator)

```
cd /home/sinc/qtcreator-2.6.1
```

```
./qtcreator.sh
```

Qt Creator 主界面如下图所示:

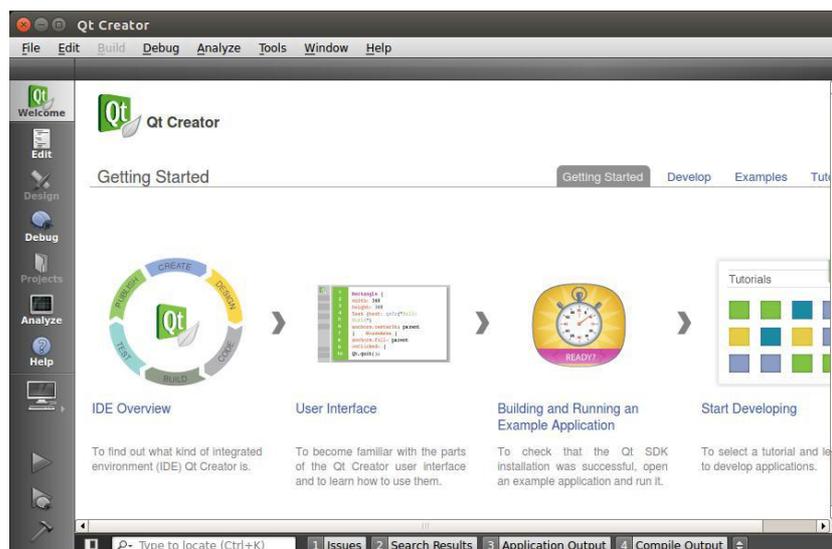


图 4-45 Qt Creator 主界面

配置 Qt Creator

在开始使用 Qt Creator 前,需要配置 Qt Creator 使用的交叉编译工具链以及 Qt 版本信息。

● 配置交叉编译器。点击菜单栏 "Tool->Options->Build & Run->Compilers->Add->GCC", 弹出如下对话框:

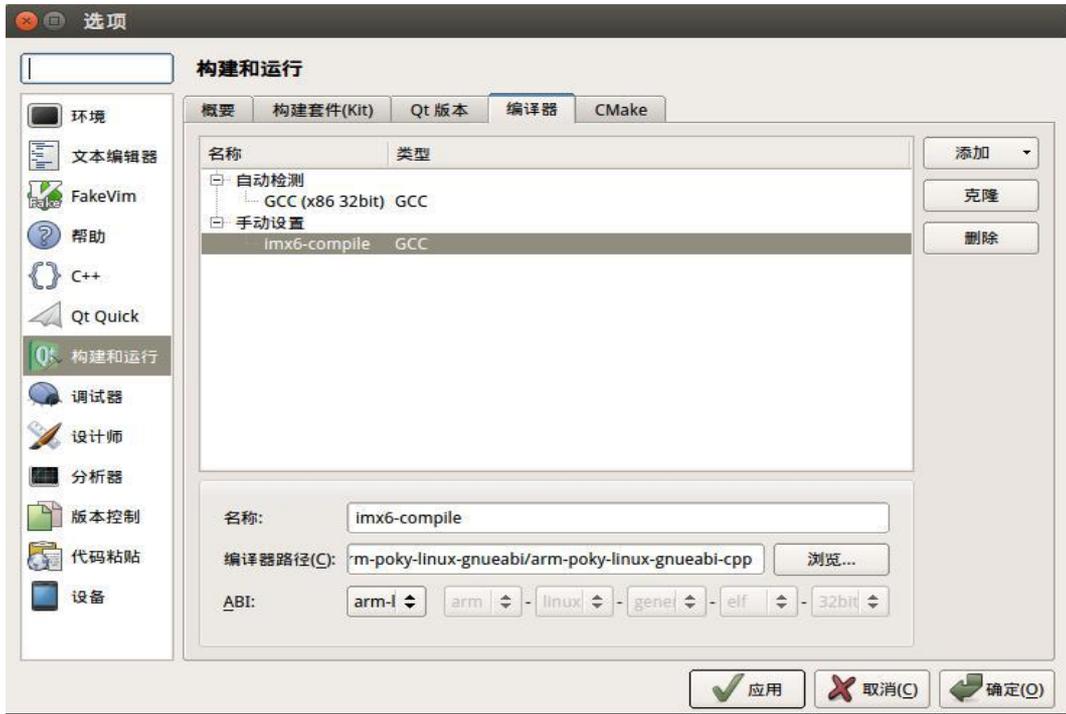


图 4-46 添加交叉编译器

在该对话框中,用户可以修改编译器的名称,此处将其改为“imx6-compile”,并点击“Browse”按钮,选择交叉编译工具链安装目录下的“/opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/sysroots/i686-pokysdk-linux/usr/bin/arm-poky-linux-gnueabi/arm-poky-linux-gnueabi-g++”,如下图所示:



图 4-47 选择交叉编译器

选择完成后, 点击“Apply”即可, 配置完成后的界面如下图所示:

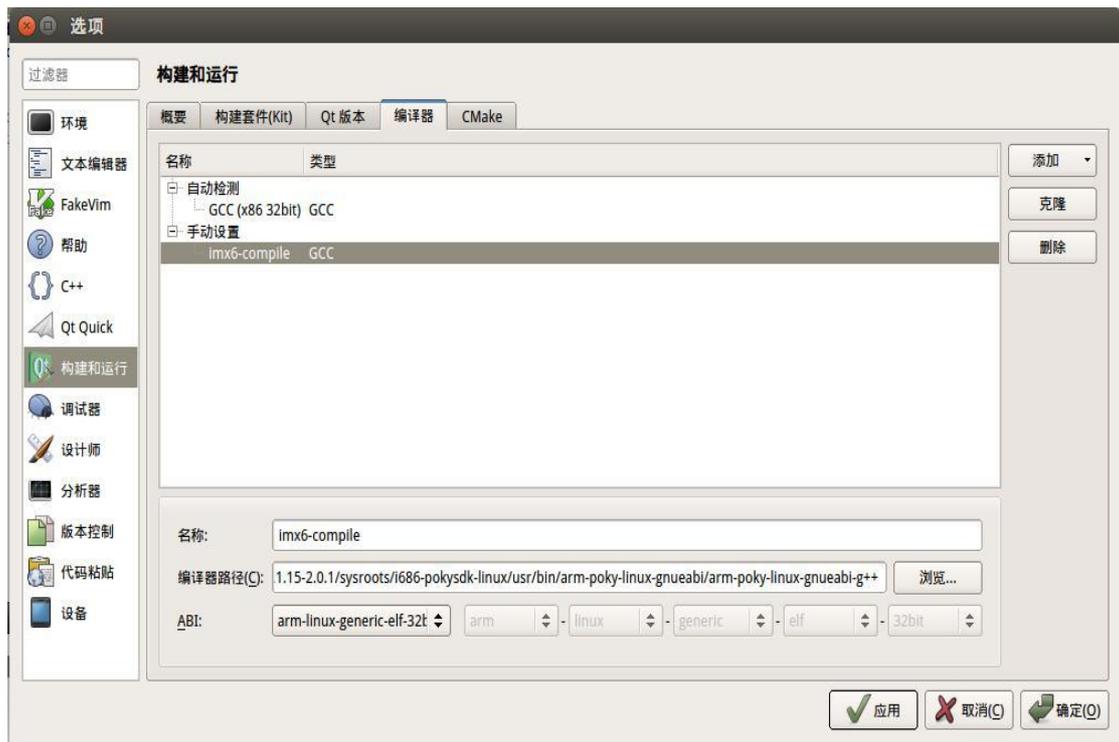


图 4-48 交叉编译设置完成

● 配置 Qt 版本。点击" Tool->Options->Build & Run->Qt Versions->Add", 选择编译 Qt 时所设置的 Qt 安装目录下的 "bin/qmake" 文件, 此例为 /opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/sysroots/i686-pokysdk-linux/usr/bin/qt5/qmake, 如下图所示:

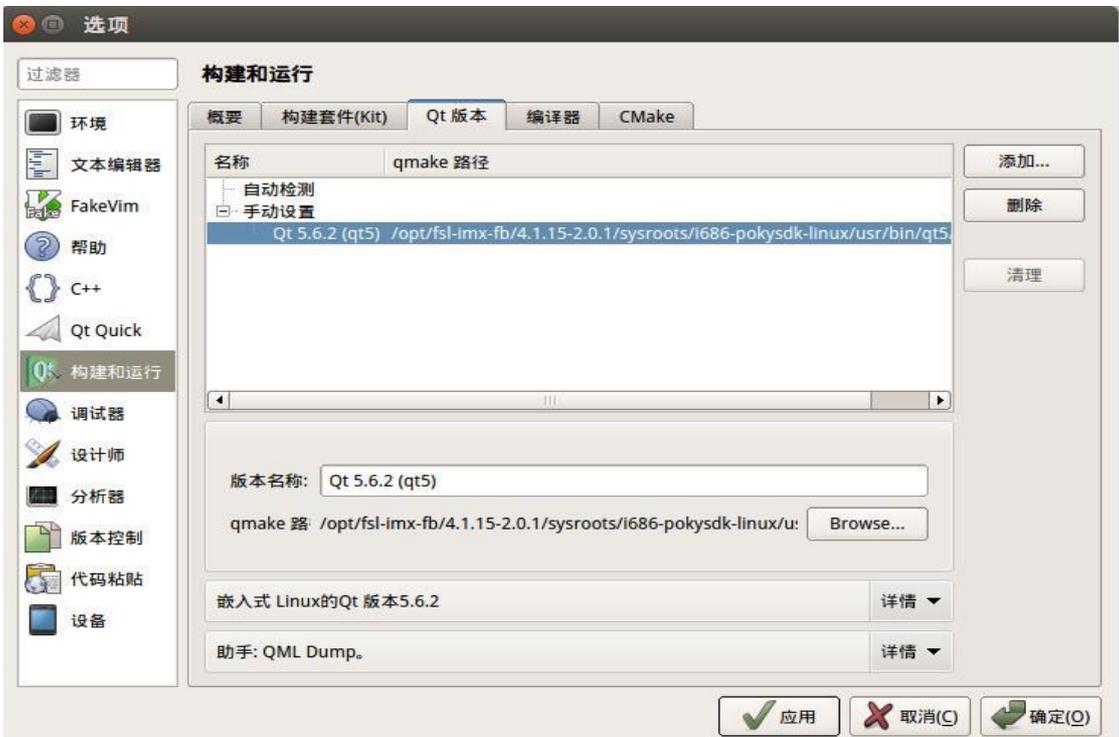


图 4-49 配置 Qt 版本

配置完毕后, 点击“Apply”按钮。

● 配置开发套件。点击菜单栏"Tool->Options->Build & Run->Kits", 如下图所示:



图 4-50 配置开发套件

在该界面中, 需进行如下设置:

- 1) 修改开发套件的名称, 此处将其改为“imx6-kits”;
- 2) 选择开发套件所使用的 Sysroot, 该路径为 /opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/sysroots;
- 3) 选择开发套件所使用的编译器, 该编译器必须首先在“Compilers”标签页下进行配置, 此处为“imx6-compile”;
- 4) 选择开发套件所使用的 Qt 版本, 该版本必须首先在“Qt Versions”标签页下进行配置, 此处为“Qt5.6.2 (Qt5)”。
- 5) Qtmkspec 选项栏填入参数 linux-oe-g++。

配置完毕后, 点击“Apply”按钮, 然后点击“OK”按钮完成配置。

4.5.3 Tslib—触摸屏校准

Tslib 是一个开源的程序, 通常作为触摸屏驱动的适配层, 为触摸屏驱动提供获得的采样提供, 诸如滤波、去抖、校准等功能。

使用 tslib 上的触摸屏校正程序 ts_calibrate 对触摸屏进行校正的具体步骤, 可参考“[触摸屏校准](#)”一节。

4.5.4 Hello,World!

本节以一个“HelloWorld”示例来介绍如何在 Linux 宿主机上进行 QT 程序的编写和编译以及如何将编译出的程序下载到开发板上并在开发板上运行该程序。该例程功能十分简单, 就是在屏幕上显示一个“Hello World”窗体。

该示例的源码可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/ 3、应用软件示例 /qt_helloworld”中获取。

1、在 Ubuntu 中打开 QT Creator, 单击 Ubuntu 右边 search 图标, 找到 QT Creator 并打开。

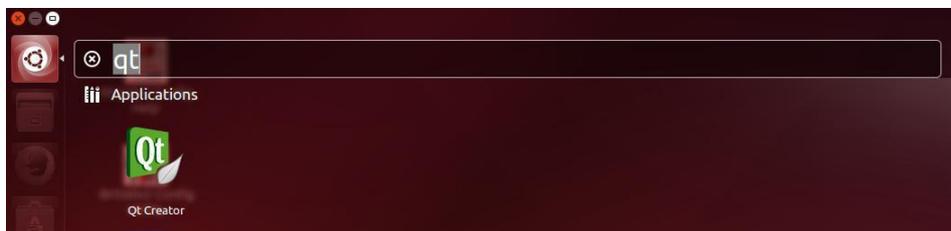


图 4-51

2、新建工程, 在菜单栏点击"File->New File or Project", 在弹出的对话框中选择 "Applications>Qt Gui Application".

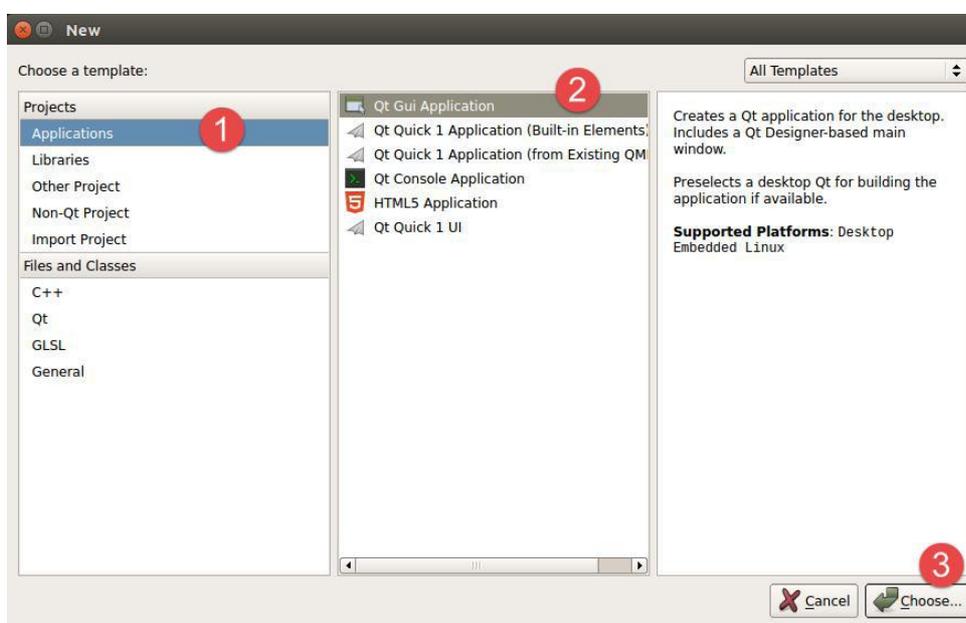


图 4-52

点击 Choose, 在弹出的对话框的 Name 栏输入工程名称:helloworld, 在"Create in" 栏输入或者通过 Browse 选择工程存放目录, 例如:"/home/qt_helloworld".

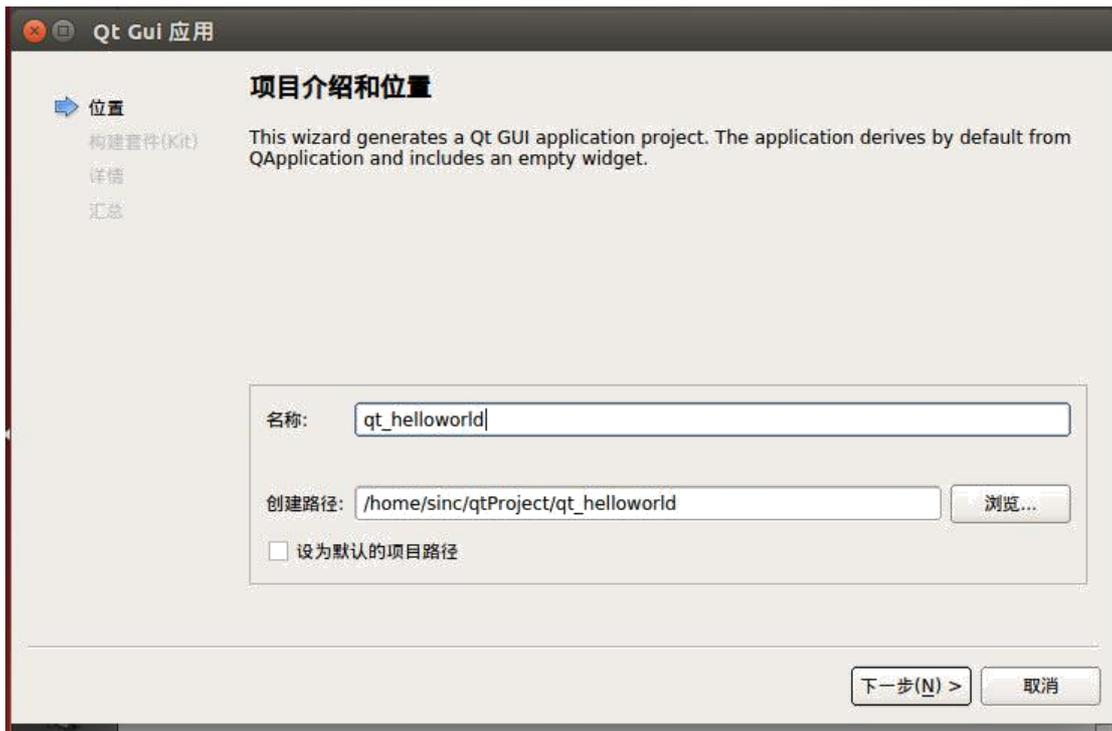


图 4-53

点击—Next|后, 选择 arm 端编译链。



图 4-54

点击“Next”后, 弹出的对话框保持默认, 继续点击—Next|。在新弹出的界面中, 点击“Base class”选项下拉选择“QWidget”:

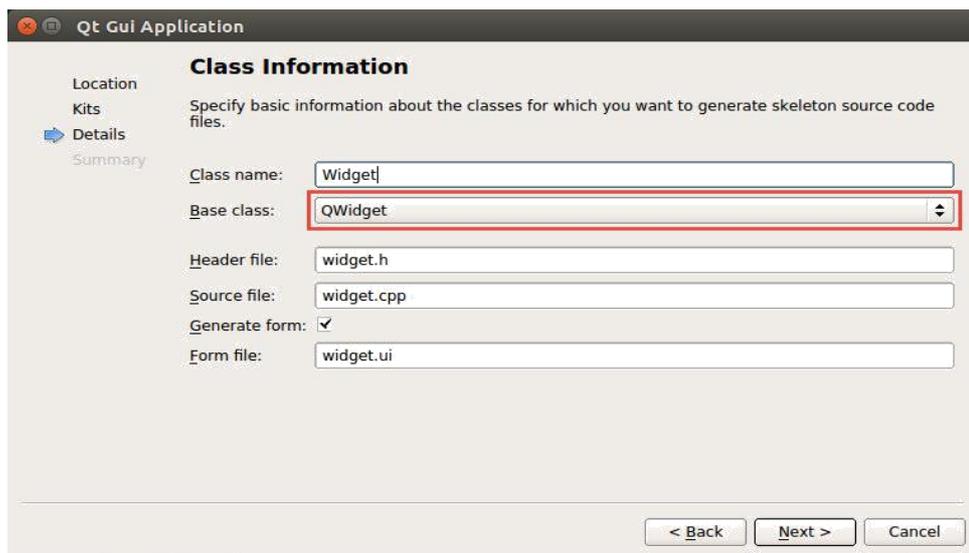


图 4-55

点击“Next”，在弹出的新界面上点击—Finish!后，弹出基本的工程界面，如下图：

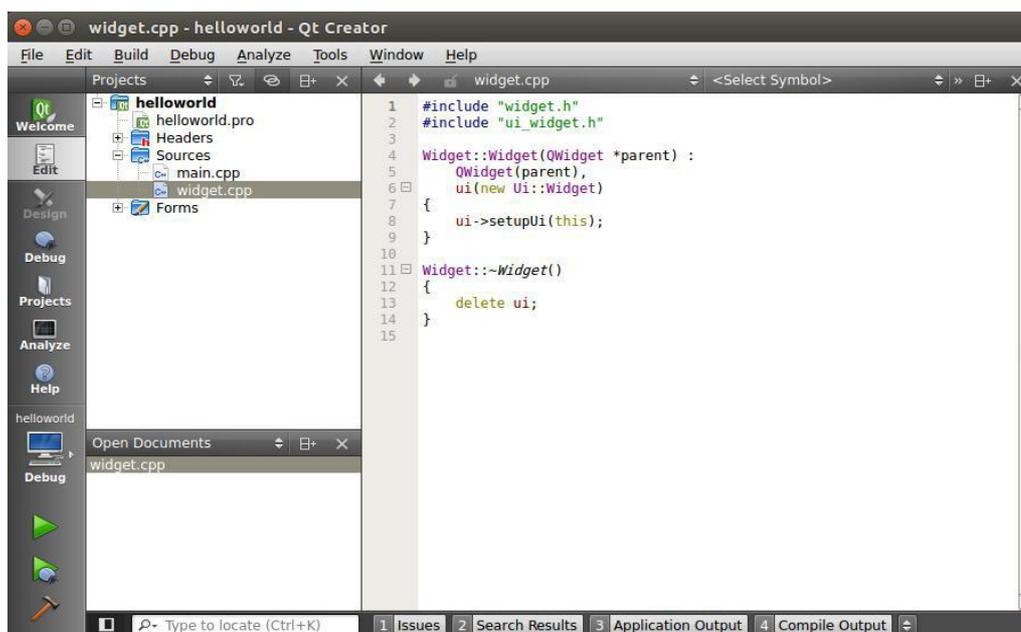


图 4-56

3、设置界面

双击“Forms->widget.ui”，弹出如下界面。

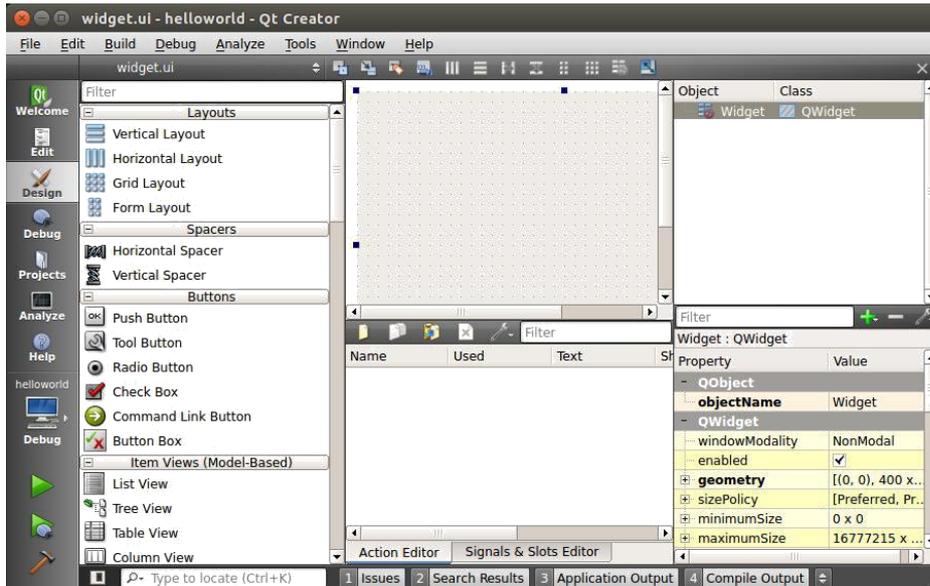


图 4-57

在窗口放置以下控件:一个 Push Button (按钮) 控件;一个 Label (文本标签);

放置 Push Button (按钮) 控件:鼠标左击 Buttons 下的 Push Button 控件,鼠标不松开移动到画布中,松开鼠标就放置了一个 Push Button 控件,用于点击退出程序。其他的控件放置方法一样。

放置完成,双击图标,输入字符串“Close”。

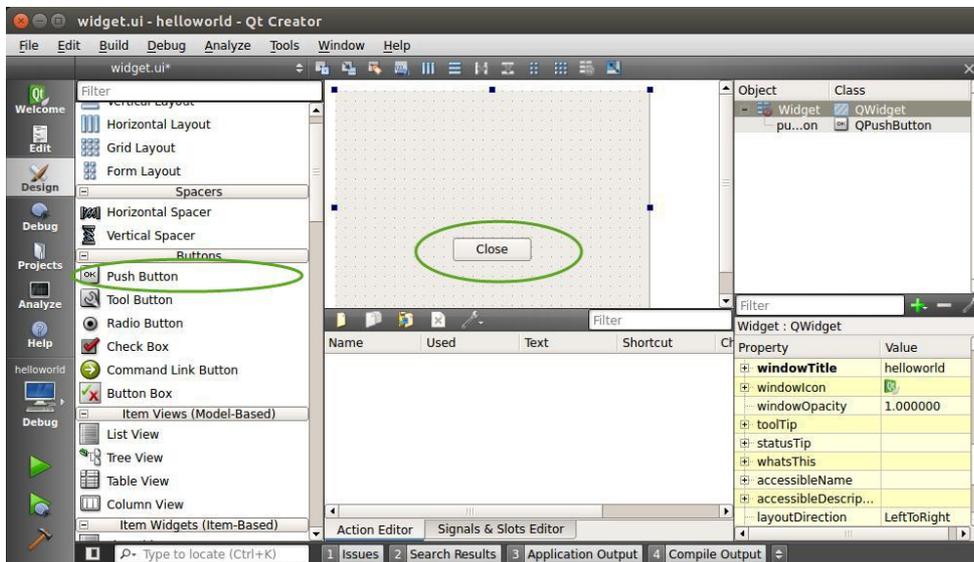


图 4-58

Label (文本标签):鼠标左击 Display Widgets 下的 Label 控件,鼠标不松开移动到画布中,松开鼠标就放置了一个 Label 控件,用于显示“Hello World”。

放置完成,双击图标,输入字符串“Hello World”。

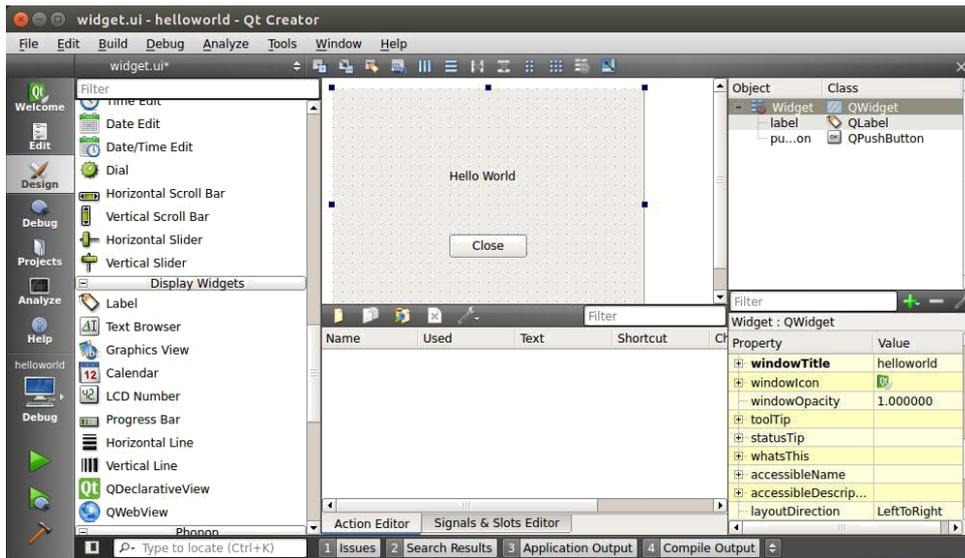


图 4-59

4、编写代码

文档中选用了最简单的示例代码—Close 作为演示。右击界面上的 "Close"按钮, 点击 "Go to slot...", 如下图:

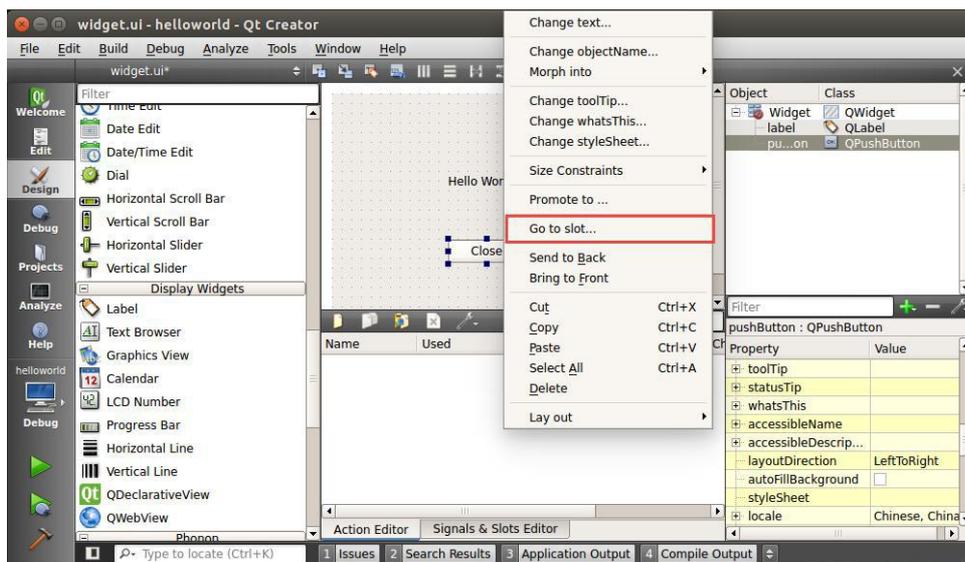


图 4-60

选择"clicked()", 点击 OK, 弹出代码编辑框, 在"void Widget::on_pushButton_clicked()"函数内填上"close();"。"ctrl + S"保存代码。

5、编译代码

点击 Qt Creator 界面左侧的工程按钮 , 在弹出界面中的"Build directory"选项处修改或点击 Browse 选择交叉编译镜像的生成路径, 例如: "/home/qt_helloworld", 如下图所示:

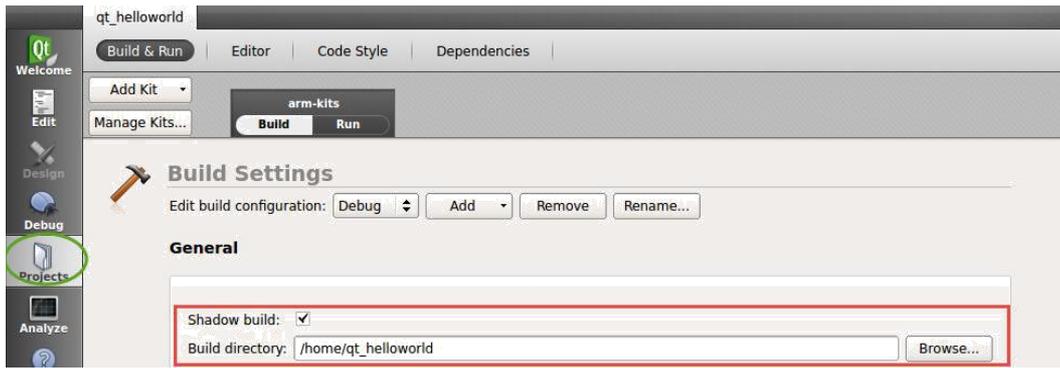


图 4-61

然后点击左下角的编译按钮 ，即可在前面设置的目录中产生 Qt 程序镜像 helloworld。

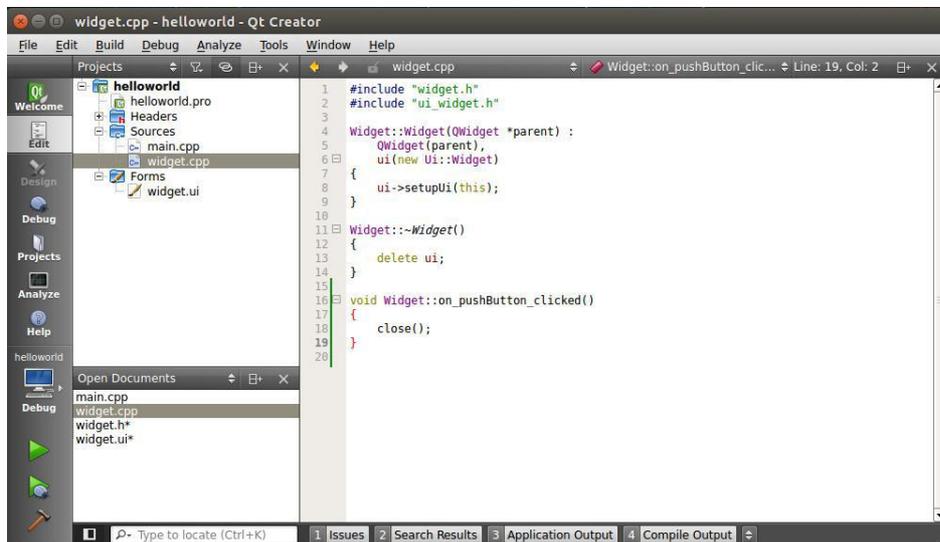


图 4-62

6、在开发板上运行 QT 程序

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/ 3、应用软件示例 /qt_helloworld”目录下。将交叉编译产生的 Qt 程序的镜像拷贝到 —/home1目录下。

完成所有准备工作后,可以进行以下操作。

7、运行 Qt 程序。

```
~# ./qt_helloworld-platform eglfs
```

执行命令后,屏幕将会出现 Qt 界面。

4.6 示例程序介绍

在“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/ 3、应用软件示例”中,包含了全部的示例程序。下面将对这些示例程序分别加以介绍。

4.6.1 Hello World

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/ 3、应用软件示例/HelloWorld”目录下。用户可以直接运行开发板上的/home/demo/helloworld 程序来查看该示例程序的运行结果。

该例程功能十分简单,就是在控制台上打印“Hello World”字符串。关于该示例程序的具体说明可参考“[Hello,World!](#)”一节的内容。

4.6.2 LED 示例

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、示例 demo/led_test”目录下。用户可以直接运行开发板上的/home/demo/ledtest 程序来查看该示例程序的运行结果。关于该示例程序的具体说明可参考“[LED 测试](#)”一节的内容。

4.6.3 蜂鸣器示例

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、示例 demo/bell_test”目录下。用户可以直接运行开发板上的/home/demo/belltest 程序来查看该示例程序的运行结果。关于该示例程序的具体说明可参考“[蜂鸣器测试](#)”一节的内容。

4.6.4 串口编程示例

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、示例 demo/serial_test”目录下。用户可以直接运行开发板上的/home/demo/serialtest 程序来查看该示例程序的运行结果。

该例程可以通过指定的串口收发数据。关于该示例程序的具体说明可参考“[串口测试](#)”一节的内容。

4.6.5 CAN 编程示例

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、示例 demo/can_test”目录下。用户可以直接运行开发板上的/home/demo/cantest 程序来查看该示例程序的运行结果。

SC-IMX6UL-EVM 开发板有 2 个 CAN 口。运行 cantest 程序可以通过 CAN 口收发数据。

该程序在运行时,需要提供一个命令行参数,即需要打开的 CAN 口名,这个 CAN 名参数可以为“can1”、“can2”。例如需要通过 CAN1 口进行数据收发,在命令行下执行如下命令:

```
~# cd /home/demo
```

```
/home/demo # ./cantestcan1
```

该程序运行流程如下:

- 打开 CAN1 口,其中 CAN1 口的通讯速率为 125000;
- 通过 CAN1 口发送一个 20 字节的数据;
- 从 CAN1 口接收数据;
- 重复步骤 2~3,实现数据的循环发送和接收。

4.6.6 网络编程示例

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/2、示例 demo/network”目录下。网络编程共包含 4 个例程,分别为 tcp 客户端、tcp 服务器、udp 客户端、udp 服务器,具体说明如下:

示例程序	源码路径	开发板程序路径
tcp 客户端	tcp_client_test	/home/demo/network/tcp_client_test
tcp 服务器	tcp_server_test	/home/demo/network/tcp_server_test

udp 客户端	udp_client_test	/home/demo/network/udp_client_test
udp 服务器	udp_server_test	/home/demo/network/udp_server_test

表 4-1 网络编程示例

其中 tcp_client_test 和 tcp_server_test 为 tcp 通讯例程,可组合在一起进行测试;udp_client_test 和 udp_server_test 为 udp 通讯例程,可组合在一起进行测试。

1. tcp 通讯例程

tcp_client_test 在运行时,需要提供两个命令行参数,一个为服务器的 IP 地址,一个为服务器的端口号。例如需要和 ip 地址为 127.0.0.1,端口号为 9001 的本机服务器通讯,在命令行下执行如下命令:

```
~# cd /home/demo/network
/home/demo # ./tcp_client_test 127.0.0.1 9001
```

该程序运行流程如下:

- 与服务器建立连接;
- 向服务器发送字符串数据;
- 从服务器接收字符串数据;
- 重复步骤 2~3,实现数据的循环发送和接收。

tcp_server_test 在运行时,需要提供一个命令行参数,即服务器侦听端口号。例如服务器需要在 9001 端口号上进行侦听,在命令行下执行如下命令:

```
~# cd /home/demo/network
/home/demo # ./tcp_server_test 9001
```

该程序运行流程如下:

- 接受来自客户端的连接请求;
- 从客户端接收字符串数据;
- 向客户端发送字符串数据;
- 重复步骤 2~3,实现数据的循环接收和发送。

在实际测试时,可以在主机上运行两个终端,一个终端运行 tcp_client_test,命令如下:

```
~# cd /home/demo/network
/home/demo # ./tcp_client_test 127.0.0.1 9001
```

另一个终端运行 tcp_server_test,命令如下:

```
/home/demo # ./tcp_server_test 9001
```

当 tcp_client_test 和 tcp_server_test 都正常运行后,就可以在各自终端上看到报文收发的打印信息。

2. udp 通讯例程

udp_client_test 在运行时,需要提供两个命令行参数,一个为服务器的 IP 地址,一个为服务器的端口号。例如需要和 ip 地址为 127.0.0.1,端口号为 9001 的本机服务器通讯,在命令行下执行如下命令:

```
~# cd /home/demo/network
/home/demo # ./udp_client_test 127.0.0.1 9001
```

该程序运行流程如下：

- 与服务器建立连接；
- 向服务器发送字符串数据；
- 从服务器接收字符串数据；
- 重复步骤 2~3, 实现数据的循环发送和接收。

`udp_server_test` 在运行时, 需要提供一个命令行参数, 即服务器侦听端口号。例如服务器需要在 9001 端口号上进行侦听, 在命令行下执行如下命令：

```
~ # cd /home/demo/network
/home/demo # ./udp_server_test 9001
```

该程序运行流程如下：

- 从客户端接收字符串数据；
- 向客户端发送字符串数据；
- 重复步骤 1~2, 实现数据的循环接收和发送。

在实际测试时, 可以在主机上运行两个终端, 一个终端运行 `udp_client_test`, 命令如下：

```
~ # cd /home/demo/network
/home/demo # ./udp_client_test 127.0.0.1 9001
```

另一个终端运行 `udp_server_test`, 命令如下：

```
/home/demo # ./udp_server_test 9001
```

当 `udp_client_test` 和 `udp_server_test` 都正常运行后, 就可以在各自终端上看到报文收发打印信息。

4.6.7 数据库编程示例

该例程使用 `sqlite` 数据库。`sqlite` 数据库的源码可以从“www.sqlite.org/download.html”下载或者从“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/3、软件源码/sqlite-autoconf-3140100.tar.gz”中直接获取。

该示例程序源码位于“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/3、应用软件示例/sqlite_test”目录下。用户可以直接运行开发板上的 `/home/demo/sqlite_test` 程序来查看该示例程序的运行结果。

`sqlite_test` 程序运行流程如下：

- 创建 `test.db` 数据库；
- 在数据库中创建名为 `film` 的数据库表；
- 向 `film` 数据表中插入 4 条记录；
- 查询 `film` 数据表中的全部记录；
- 关闭数据库。

5. Web 控制系统

5.1 嵌入式 Web 开发简介

随着 Internet 技术的兴起,越来越多的项目使用 Web 浏览器对嵌入式设备进行管理和监控。使用 Web 的好处在于,用户无需安装任何软件,只需要运行 Web 浏览器即可完成对设备的操作,因此使用起来非常方便。Web 系统采用客户端/服务器架构,Web 客户端通常是 PC 机上的 Web 浏览器,如 IE 浏览器、Chrome 浏览器等。而 Web 服务器则运行在嵌入式设备上,因此在进行嵌入式 Web 开发前首先需要移植一个适合于嵌入式系统运行的 Web 服务器。下面将分别对嵌入式 Web 服务器和在嵌入式 Web 服务器中最常用到的 CGI 标准进行简要介绍。

5.1.1 嵌入式 Web 服务器

PC 机上最常用的 Web 服务器有开源软件 Apache 和 Microsoft 的 IIS 等,这些 Web 服务器功能非常强大,但通常布署比较复杂,对资源的占用也比较大。而在嵌入式设备中资源一般都比较有限,并且也不需要同时处理很多用户的连接请求,因此在嵌入式设备中需要使用一些专门为嵌入式系统设计的 Web 服务器,这些 Web 服务器在存贮空间和运行时所占有的内存空间上都会非常适合于嵌入式应用场合。典型的嵌入式 Web 服务器有 Boa 和 tthttpd 等,它们和 Apache、IIS 等高性能的 Web 服务器主要的区别在于它们一般是单进程服务器,只有在完成一个用户请求后才能响应另一个用户的请求,而无法并发响应。

5.1.2 CGI

CGI (Common Gateway Interface) 是外部应用程序 (CGI 程序) 与 Web 服务器之间的接口标准,是在 CGI 程序和 Web 服务器之间传递信息的过程。CGI 规范允许 Web 服务器执行外部程序,并将它们的输出发送给 Web 浏览器。通过 CGI 可以提供许多静态的 HTML 网页无法实现的功能,比如搜索引擎、基于 Web 的数据库访问等。

CGI 工作流程如下:

7. 浏览器通过 HTML 表单或超链接请求指向一个 CGI 应用程序的 URL;
8. 服务器收到浏览器提交的请求;
9. 服务器执行指定的 CGI 应用程序;
10. CGI 应用程序根据用户在浏览器上的输入执行所需要的操作;
11. CGI 应用程序把结果格式化为 Web 服务器和浏览器能够理解的文档 (通常是 HTML 网页);
12. Web 服务器把结果返回到浏览器中。

5.2 Boa 服务器

5.2.1 Boa 服务器简介

Boa 是嵌入式系统中最常使用的一种支持 CGI 的 Web 服务器,它是一款开源软件,其最新的代码可以从 <http://www.boa.org/> 中下载。Boa 作为一款单任务的 Web 服务器,与其它传统的 Web 服务器不同的是:当有连接请求到来时,它并不为每个连接请求单独创建进程,而是通过建立 HTTP 请求列表来处理多路 HTTP 连接请求,同时它只为 CGI 程序创建新的进程,这样就在最大程度上节省了系统资源,因此 Boa 具有很高的 HTTP 请求处理速度,在嵌入式系统中获得了广泛的应用。

嵌入式 Web 服务器 Boa 和普通 Web 服务器一样,能够完成接收客户端请求、分析请求、向客户端返回请求结果等任务,它的工作流程主要包括:

1. 完成 Web 服务器的初始化工作,如创建环境变量、创建 TCP 套接字、绑定端口、开始侦听以及等待接收浏览器的连接请求等;
2. 当有客户端连接请求时,Boa 负责接收客户端请求,并对请求进行分析处理;
3. Boa 完成相应的处理后,向浏览器发送响应信息,并关闭和浏览器的 TCP 连接。

5.2.2 编译 Boa 服务器

此处以 Boa 0.94.13 版本为例,介绍 Boa 服务器的移植步骤。

1. `boa-0.94.13.tar.gz` 源码可以从“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/5、软件源码”中直接获取。将 `boa-0.94.13.tar.gz` 拷贝到 Ubuntu 虚拟机中,此处假定将该文件拷贝到 `/home/sinc/` 目录中,并对其进行解压:

```
$cd /home/sinc
$tar zxvf boa-0.94.13.tar.gz
```

2. 进入 `src` 子目录对源码进行编译。从眺望产品光盘资料中获取的源码压缩包已经设置好了交叉编译器,因此可以直接在命令行下执行 `make` 命令进行编译:

```
$cd ./src
$source /opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/environment-setup-cortexa9hf-neon-poky-linux-gnueabi
$make
```

编译完成后,在 `src` 子目录下将生成 `boa` 可执行程序。

5.2.3 Boa 服务器配置

Boa 运行时,需要读取 `/etc/boa` 目录(如果没有该目录则需要自己创建)下的 `boa.conf` 配置文件。在 Boa 源码目录下有一个 `boa.conf` 示例文件,用户可以在该文件的基础上对其进行修改,生成自己所需要的配置文件。

`boa.conf` 一个配置项对应文件的一行,其中以#号开头的行表示注释,因此如果要关闭某个配置项可以在该配置项对应的行前加上#。下面对 `boa.conf` 文件的主要配置项进行介绍:

配置项	说明
Port	监听的端作为哪个用户运行,即它拥有该用户的权限,一般都是 <code>nobody</code> ,需要 <code>/etc/passwd</code> 中有口号,缺省 80。例如: Port 80
User	boa 以哪个用户身份运行,即它拥有该用户的权限,默认值为 <code>nobody</code> 。需要在 <code>/etc/passwd</code> 中需要配置该用户。为简单起见,也可以用 <code>root</code> 。例如: User nobody
Group	boa 以哪个用户组运行,即它拥有该用户组的权限,默认值为 <code>nogroup</code> 。需要在 <code>/etc/group</code> 文件中配置该用户组。为简单起见,也可以用 <code>root</code> 。例如: Group root
DocumentRoot	HTML 文档的主目录。如果没有以/开始,则表示从服务器的根路径开始。例如: DocumentRoot /var/www
DirectoryIndex	默认 HTML 文档名。例如: DirectoryIndex index.html
MimeTypes	指明 <code>mime.types</code> 文件位置。如果没有以/开始,则表示从服务器的根路径开始。例如: MimeTypes /etc/mime.types
DefaultType	文件扩展名没有或未知的话,使用的缺省 MIME 类型。例如: DefaultType text/plain

CGIPath	指定 CGI 程序执行时所使用的 PATH 环境变量。例如： CGIPath /bin:/usr/bin:/usr/local/bin
ScriptAlias	该配置有两个参数，第一个参数指明 cgi 脚本的虚拟路径，第二个参数指明 cgi 脚本在开发板上的实际存储路径。当用户在浏览器上需要访问 cgi 脚本时，输入的 URL 为：主机 IP/虚拟路径/cgi 脚本文件名。例如： ScriptAlias /cgi-bin/ /var/www/cgi-bin/

表 5-1 boa.conf 配置文件

5.3 Web 开发环境搭建

在开发板上搭建一个基于 Boa 的嵌入式 web 服务器，需要准备如下文件和目录：

文件或目录	说明
boa	Web 服务器可执行程序，可放在开发板任意目录下。在 SC-IMX6UL-EVM 开发板，将其放在/home/websERVER 目录下。
boa.conf	boa 配置文件，必须放在/etc/boa 目录下。
mime.types	MIME 类型文件。可放在开发板任意目录下，但必须与 boa.conf 配置文件的“MimeType”配置项保持一致。在 SC-IMX6UL-EVM 开发板，将其放在/home/websERVER 目录下，并在 boa.conf 中配置如下： MimeType /home/websERVER/mime.types
用户网站目录	需要在开发板上创建一个目录，用于存放用户自己开发的全部网页文件（如：html 文件、css 文件、js 文件等）。该目录的位置可以任意指定，但必须与 boa.conf 配置文件的“DocumentRoot”配置项保持一致。在 SC-IMX6UL-EVM 开发板，将其放在/home/www 目录下，并在 boa.conf 中配置如下： DocumentRoot /home/www
CGI 文件目录	需要在开发板上创建一个目录，用于存放用户自己开发的全部 CGI 文件。该目录的位置可以任意指定，但必须与 boa.conf 配置文件的“ScriptAlias”配置项保持一致。在 SC-IMX6UL-EVM 开发板，将其放在/home/www/cgi-bin 目录下，并在 boa.conf 中配置如下： ScriptAlias /cgi-bin/ /home/www/cgi-bin/

搭建环境所需要的文件可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/3、应用软件示例/web/env”中直接获取。

5.4 Web 开发实例

在运行本章示例前，需要先按照“Web 开发环境搭建”一节在开发板上准备好相关文件和目录。并在开发板上运行 boa 服务程序：

```
~# cd /home/websERVER/  
/home/websERVER #./boa
```

5.4.1 静态网页

本节以在浏览器上显示一个欢迎界面来演示静态网页的创建过程。该示例的源码可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/3、应用软件示例/web/html_test”中获取。

1. 编辑 html 文件：

用户可以使用任意文本编辑器编写一个 html 文件，此处假定编写的 html 文件名为 index.html，文件内容如下：

```
<html>  
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
```

```
<h1>
欢迎!
</h1>
```

```
<body>
欢迎使用 SC-IMX6UL-EVM 开发板!<br/>
</body>
</html>
```

如果文件中包含中文,应保证中文的编码方式与 html 文件中声明的编码方式一致。此例中 html 声明的字符集为 UTF-8 (注:由 meta 标签的 charset 属性指定),因此文件的编码也必须是 UTF-8。

2. 将文件下载到开发板中,此例将其下载到/home/www 目录下。执行如下命令:

```
~# cd /home/www
/home/www # tftp -r index.html -g 192.168.1.111
```

此处假定主机的 ip 地址为 192.168.1.111。关于如何使用 TFTP 协议传输文件可参见“与 PC 互传文件”一节。

3. 在浏览器的地址栏中输入 (此处假定开发板的 ip 地址为 192.168.1.10) :

```
http://192.168.1.10/index.html
```

即可在浏览器上看到 html 文件的内容,如下图所示:



图 5-1 静态网页示例

5.4.2 使用 CGI 程序的动态网页

本节将介绍如何在浏览器中调用用户编写的 CGI 程序。该例程功能十分简单,就是在浏览器上打印“Hello World”字符串。

该示例的源码可以从“眺望产品光盘资料/3、软件开发参考资料/3、应用软件示例/web/cgi_test”中获取。

1. 编写 CGI 源程序:

在 Linux 宿主机上编写 CGI 源文件,此处假定文件名为 cgi_test.c,文件内容如下:

```
#include <stdio.h>
```

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    printf("Content-type: text/html\n\n");
    printf("<html>\n");
    printf("<h1><title>CGI Output</title></h1>\n");
    printf("<body>\n");
    printf("Hello World\n");
    printf("</body>\n");
    printf("</html>\n");
    return 0;
}
```

2. 编译 CGI 程序：

进入源码所在目录, 在命令行下执行如下命令编译程序：

```
$arm-none-linux-gnueabi-gcc-o cgi_test cgi_test.c
```

编译成功后, 可以看到在源码目录下会产生一个 `cgi_test` 的可执行文件。

3. 下载 CGI 程序：

将 `cgi_test` 程序下载到开发板 `/home/www/cgi-bin` 目录下, 并增加该文件的可执行权限。执行如下命令：

```
/home/www # cd /home/www/cgi-bin/
/home/www/cgi-bin # tftp -r cgi_test -g 192.168.1.111
/home/www/cgi-bin # chmod a+x cgi_test
```

4. 在浏览器的地址栏中输入（此处假定开发板的 ip 地址为 192.168.1.10）：

```
http://192.168.1.10/cgi-bin/cgi\_test
```

即可在浏览器上看到 `html` 文件的内容, 如下图所示：



图 5-2 CGI 程序示例

6. Linux 内核

6.1 内核简介

6.1.1 概述

Linux 是全球最受欢迎的开源操作系统。它是一个由 C 语言编写的,符合 POSIX 标准的类 UNIX 系统。Linux 是一个一体化内核 (monolithic kernel) 系统。—内核 II 指的是一个提供硬件抽象层、磁盘及文件系统控制、多任务等功能的系统软件。一个内核不是一套完整的操作系统,一套基于 Linux 内核的完整操作系统叫作 Linux 操作系统,或是 GNU/Linux。

- Linux 内核作为一个开放、自由的操作系统内核,有如下特点:
 - Linux 是一个一体化内核。“一体化内核”是也称“宏内核”,是相对于“微内核”而言的。几乎所有的嵌入式和实时系统都采用微内核,如 VxWorks、uC/OS-II、PSOS 等;
 - 可移植性强。Linux 目前已经成为支持硬件平台最广泛的操作系统,如 X86、IA64、ARM、MIPS、AVR32、M68K、S390、Blackfin、M32R 等;
- Linux 是一个可裁剪的操作系统内核。Linux 极具伸缩性,内核可以任意裁剪,可以大至几十或者上百兆,也可以小至几百 K,从超级计算机、大型服务器到小型嵌入式系统、掌上移动设备或者嵌入式模块,几乎都可以看到它的身影;
- 模块化。Linux 内核采用模块化设计,很多功能部件都可以编译为模块,可以在内核运行时动态加载/卸载而无需重启系统;
 - 网络支持完善。Linux 内核集成了完整的 POSIX 网络协议栈,网络功能完善;
 - 稳定性强。运行 Linux 内核的服务器可以做到几年不用复位重启;
 - 安全性好。Linux 源码开放,由众多黑客参与 Linux 的开发,一旦发现漏洞都能及时修复;
 - 支持的设备广泛。Linux 源码中,设备驱动源码占了很大比例,几乎能支持任何常见设备,无论是很老旧的设备还是最新推出的硬件设备,几乎都能找到 Linux 下的驱动。

6.1.2 Linux 内核源码

Linux 内核源码很复杂,包含多级目录,形成一个庞大的树状结构,通常称为 Linux 源码目录树。TWCore-IMX6DL 开发板使用 Linux 4.1.5 内核版本,本节以该版本为例介绍 Linux 源码的目录结构:

目录	说明
arch	包含各体系结构特定的代码,如 arm、x86、ia64、mips 等,在每个体系结构目录下通常都有: <ul style="list-style-type: none">—boot 内核需要的特定平台代码—kernel 体系结构特有的代码—lib 通用函数在特定体系结构的实现—math-emu 模拟 FPU 的代码,在 ARM 中,使用 mach-xxx 代替—mm 特定体系结构的内存管理实现—include 特定体系的头文件
block	存放块设备相关代码
crypto	存放加密、压缩、CRC 校验等算法相关代码

Documentation	存放相关说明文档, 很多实用文档, 包括驱动编写等
drivers	存放 Linux 内核设备驱动程序源码。驱动源码在 Linux 内核源码中占了很大比例, 常见外设几乎都有可参考源码, 对驱动开发而言, 该目录非常重要。该目录包含众多驱动, 目录按照设备类别进行分类, 如 char、block、input、i2c、spi、pci、usb 等
firmware	存放处理器相关的一些特殊固件
fs	存放所有文件系统代码, 如 fat、ext2、ext3、ext4、ubifs、nfs、sysfs 等
include	存放内核所需、与平台无关的头文件, 与平台相关的头文件已经被移动到 arch 平台的 include 目录, 如 ARM 的头文件目录<arch/arm/include/asm/>
init	包含内核初始化代码
ipc	存放进程间通信代码
kernel	包含 Linux 内核管理代码
lib	库文件代码实现
mm	存放内存管理代码
net	存放网络相关代码
samples	存放提供的一些内核编程范例
scripts	存放一些脚本文件, 如 menuconfig 脚本
security	存放系统安全性相关代码
sound	存放声音、声卡相关驱动
tools	编译过程中一些主机必要工具
usr	cpio 相关实现
virt	内核虚拟机 KVM

表 6-1 Linux 内核源码目录

6.1.3 Linux 内核配置系统

Linux 内核的配置系统由三个部分组成:

- 1、Makefile: 分布在 Linux 内核源代码根目录及各层目录中, 定义 Linux 内核的编译规则;
- 2、配置文件 Kconfig: 分布在 Linux 内核源代码根目录及各层目录中, 为用户提供每个源码目录可以使用的内核配置菜单;
- 3、配置工具: 包括配置命令解释器 (对配置脚本中使用的配置命令进行解释) 和配置用户界面 (提供基于字符界面、基于 Ncurses 图形界面以及基于 Xwindows 图形界面的用户配置界面, 各自对应于 Make config、Make menuconfig 和 make xconfig)。

下面将对这三部分分别加以介绍:

1. 内核 Makefile 文件

源码目录树顶层 Makefile 是整个内核源码管理的入口, 对整个内核的源码编译起着决定性作用。编译内核时, 顶层 Makefile 会按规则递归遍历内核源码的所有子目录下的 Makefile 文件, 完成各子目录下内核模块的编译。

在内核源码的子目录中, 几乎每个子目录都有相应的 Makefile 文件, 管理着对应目录下的代码, 对该目录的文件或者子目录的编译进行控制。Makefile 中有两种表示方式来控制某个文件是否编译, 一种是默认选择编译, 用 obj-y 表示, 如:

```
obj-y += usb-host.o # 默认编译 usb-host.c 文件
obj-y += gpio/ # 默认编译 gpio 目录
```

另一种表示则与内核配置选项相关联, 编译与否以及编译方式取决于内核配置, 例如:

```
obj-$(CONFIG_WDT) += wdt.o # wdt.c 编译控制
obj-$(CONFIG_PCI) += pci/ # pci 目录编译控制
```

是否编译 `wdt.c` 文件, 或者以何种方式编译, 取决于内核配置后的变量 `CONFIG_WDT` 值: 如果在配置中设置为 `[*]`, 则静态编译到内核, 如果配置为 `[M]`, 则编译为 `wdt.ko` 模块, 否则不编译。

2. Kconfig 文件

内核源码树每个目录下都还包含一个 `Kconfig` 文件, 用于描述所在目录源代码相关的内核配置菜单, 各个目录的 `Kconfig` 文件构成了一个分布式的内核配置数据库。通过 `make menuconfig` (或 `make xconfig` 或者 `make gconfig`) 命令配置内核的时候, 从 `Kconfig` 文件读取菜单, 配置完毕保存到文件名为 `.config` 的内核配置文件中, 供 `Makefile` 文件在编译内核时使用。

3. 内核配置工具

用户可以使用如下命令对内核进行配置:

- 1、`make config`: 基于文本模式的交互式配置;
- 2、`make menuconfig`: 基于文本模式的菜单型配置;
- 3、`make oldconfig`: 使用已有的配置文件 (`.config`), 但是会询问新增的配置选项;
- 4、`make xconfig`: 图形化的配置 (需安装图形化系统);

其中 `make menuconfig` 是最为常用的内核配置方式。下面将主要介绍 `make menuconfig` 的使用。

在运行 `make menuconfig` 前, 主机必须先安装 `ncurses` 相关的库。在 Ubuntu 下执行如下命令完成 `ncurses` 的安装:

```
$sudo apt-get install libncurses5-dev
```

在 Linux 内核源码顶层目录下输入 `make menuconfig` 命令, 可进入 Linux 内核配置主界面, 如下图所示:

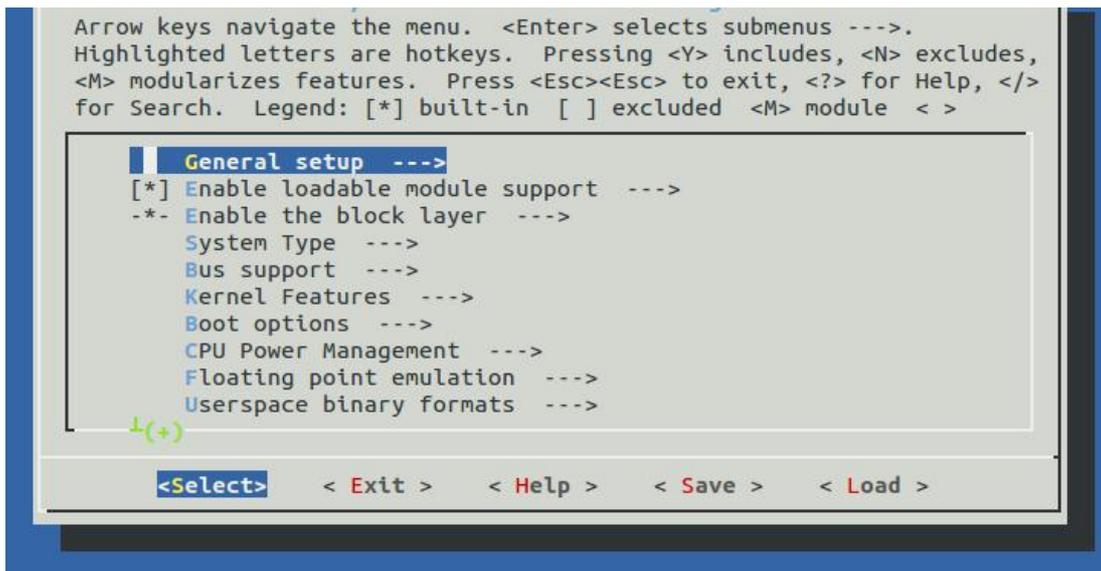


图 6-1 Linux 内核配置主界面

内核配置主界面由三部分组成:

- 最上面部分为基本操作的简要介绍;

- 中间部分为内核配置的各项菜单项；
- 最下面部分为功能菜单

基于 Ncurses 的 Linux 内核配置界面不支持鼠标操作，必须用键盘操作。基本操作方法如下：

- 1、使用上、下箭头可以选择内核配置菜单项；使用左、右箭头可以选择下排的功能菜单项；
- 2、当功能菜单中的“Select”项被选中时，在某个具有子菜单的内核菜单项上按回车键可进入该菜单的子菜单；
- 3、对于某个菜单项，可以直接按“？”键查看该菜单项的帮助，或者用左右箭头键将功能菜单移到“Help”上，并按回车键查看帮助；
- 4、根据菜单项的类型，其配置方式略有不同。可以分成三种情况，具体说明如下：
 - 对于以 [] 开头的配置项，[*] 表示选中，[] 表示未选中。可以用空格键进行切换或者使用键盘快捷键（Y-选中，N-未选中）进行切换；
 - 对于以 <> 开头的配置项，<*> 表示静态编译，<M> 表示编译为模块，<> 表示未选中。可以使用空格键进行切换或者使用键盘快捷键（Y-静态编译，M-编译为模块，N-未选中）进行切换；
 - 对于 () 开头的配置项，表明该配置是数值或者字符串，可以按回车键直接编辑。
- 5、按斜线 (/) 可启用搜索功能，填入关键字后可搜索全部菜单内容；
- 6、连续按两次 ESC 键或者用左右箭头键将功能菜单移到“Exit”上，并按回车键，将退回到上一级菜单。如果当前已经位于顶层菜单界面（即内核配置主界面），此时如果用户对内核配置进行了修改，则将弹出确认修改的提示画面，如下图所示：

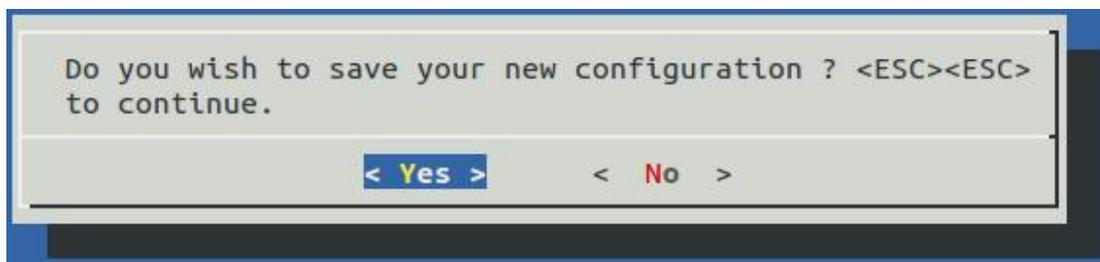


图 6-2 内核配置保存提示画面

选择“**Yes**”将保存对内核配置的修改并退出，选择“**No**”将不保存修改直接退出，连续按两次 ESC 键将重新返回内核配置画面，允许用户继续对内核配置进行修改。

内核配置完成后，其配置信息保存在内核源码顶层目录的 `.config` 文件中。用户可以直接在命令行下将 `.config` 文件备份为其他的文件名，以备日后使用，例如：

```
$cp .config .config_bak
```

为了使用以前备份的内核配置文件，可以直接将备份的内核配置文件覆盖内核源码顶层目录的 `.config` 文件，例如：

```
$cp .config_bak .config
```

或者执行 `make menuconfig` 进入内核配置主界面，并用左右箭头选中功能菜单上的“**Load**”项，并按回车键，弹出配置文件加载画面，如下图所示：

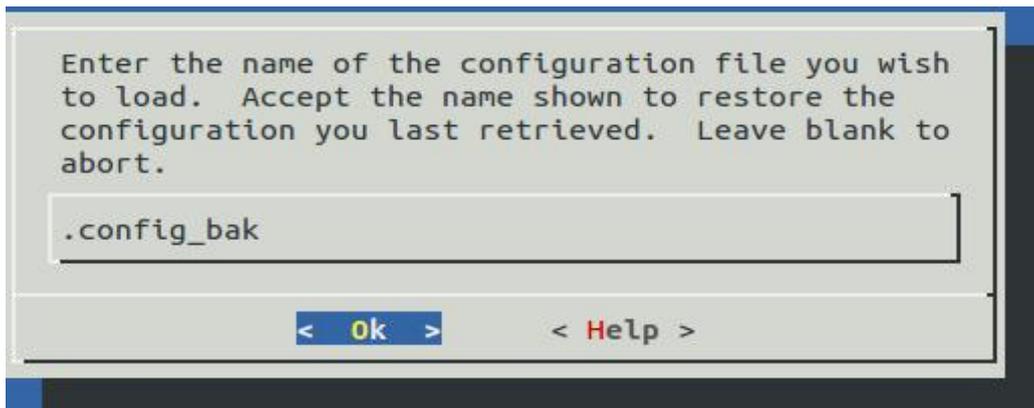


图 6-3 内核配置加载画面

在该画面中输入需要加载的备份文件的名字,选择“Ok”按钮后按回车键,此时会加载用户选择的备份文件,用户可对其进行修改并保存设置产生新的.config文件。

在<arch/arm/configs/>目录下有很多*_defconfig文件,这些都是内核预设的配置文件,分别对应各种不同的开发板。如果要使用其中的配置文件作为内核编译配置,可用“make xxx_defconfig”命令来完成。对于已经设定好的内核配置,也可以命名为某个文件名,放到<arch/arm/configs/>目录下,在以后直接用make来调用该配置即可。例如将名为sc_imx6_defconfig的内核配置文件拷贝到<arch/arm/configs/>目录下,以后只需执行下列命令即可使用该配置:

```
$ make sc_imx6_defconfig
```

6.2 编译内核

本节介绍如何编译Linux操作系统映像文件zImage。编译zImage使用的是arm-poky-linux-gnueabi-gcc 5.3.0版本的交叉编译器。关于编译器的安装可参见“安装编译内核的交叉编译器”一节。

在“眺望产品光盘资料/2、软件开发参考资料/3、软件源码”目录中,包含了一个已经配置好的Linux内核源码文件kernel-source.tar.gz。编译Linux操作系统的步骤如下:

1. 将Linux内核源码文件kernel-source.tar.gz拷贝到Ubuntu虚拟机中,此处假定将这该文件拷贝到/home/sinc/imx6/bsp中,并对其进行解压:

```
$cd /home/sinc/imx6d/bsp/
```

```
$tar zxvf kernel-source.tar.gz
```

2. 设置编译环境。执行如下命令:

```
$source /opt/fsl-imx-fb/4.1.15-2.0.1/environment-setup-cortexa9hf-neon-poky-linux-gnueabi
```

3. 清除前一次的编译结果。执行如下命令:

```
$cd /home/sinc/imx6d/bsp/kernel-source
```

```
$ make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-poky-linux-gnueabi- distclean
```

4. 使用开发板默认的配置生成编译内核时所需要的.config文件。执行如下命令:

```
$ make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-poky-linux-gnueabi- sc_imx6_defconfig
```

注:如果已经生成了.config文件,或已通过make menuconfig对配置进行了修改,则可跳过该步骤。

5. 使用make menuconfig对内核进行配置。执行如下命令:

```
$ make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-poky-linux-gnueabi- menuconfig
```

注:如果不需要对内核配置进行了修改,则可跳过该步骤。

6. 编译内核。执行如下命令:

```
$ make ARCH=arm CROSS_COMPILE=arm-poky-linux-gnueabi- all
```

编译完成后,会在内核源码顶层目录(即 kernel-source 目录)的 arch/arm/boot 子目录下生成 zImage 文件。

为简化内核编译操作,在内核源码顶层目录下,提供了一些 shell 脚本,简要说明如下:

shell 脚本	说明
build-all-sc.sh	清除以前的编译结果,全部重新编译
build-dtb-sc.sh	编译设备树
build-modules-sc.sh	编译内核模块
build-zImage-sc.sh	编译内核映像
build-menuconfig.sh	使用 menuconfig 配置内核

7. 系统恢复与更新

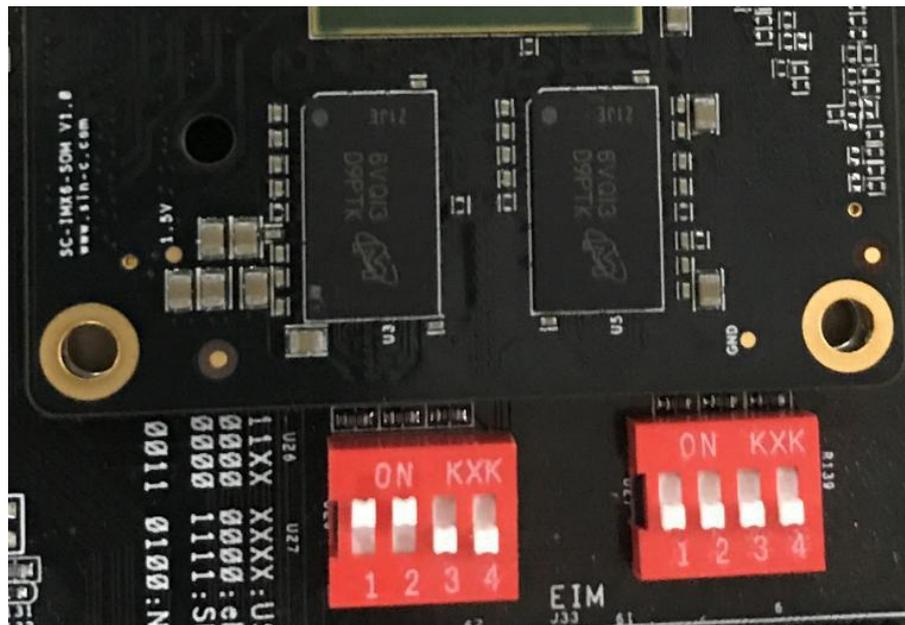
7.1 烧写系统镜像

可以使用 MfgTools 烧写工具（\TWCORE-IMX6DL 光盘资料\4. 固件更新与烧写方法\USB 烧写\mfgtools 工具）通过开发板的 USB 从口烧写系统映像。

7.1.1 硬件连接

硬件连接方法如下：

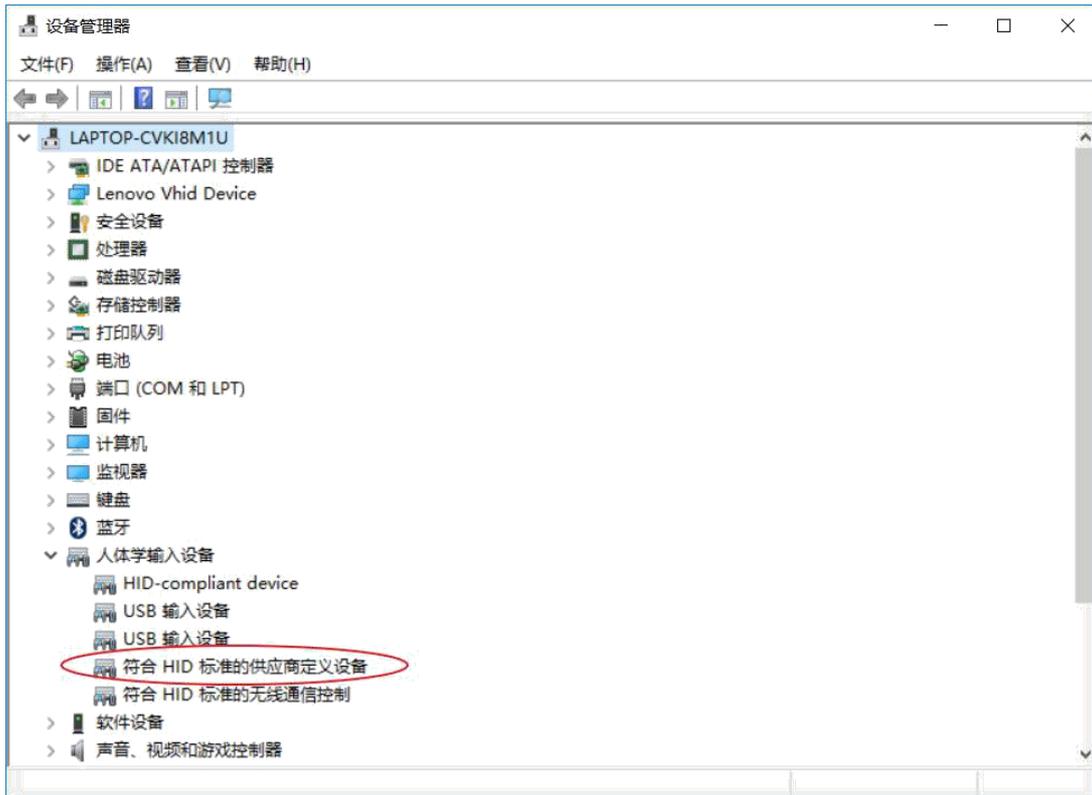
- （1）断开 TWCORE-IMX6DL 开发板的供电电源；
- （2）把 TWCORE-IMX6DL 开发板设置为 USB 启动方式（拨码开关拨到 11000000）；



（3）使用 Micro USB 线缆将 TWCORE-IMX6DL 开发板的 USB 从口与计算机的 USB 端口相连；

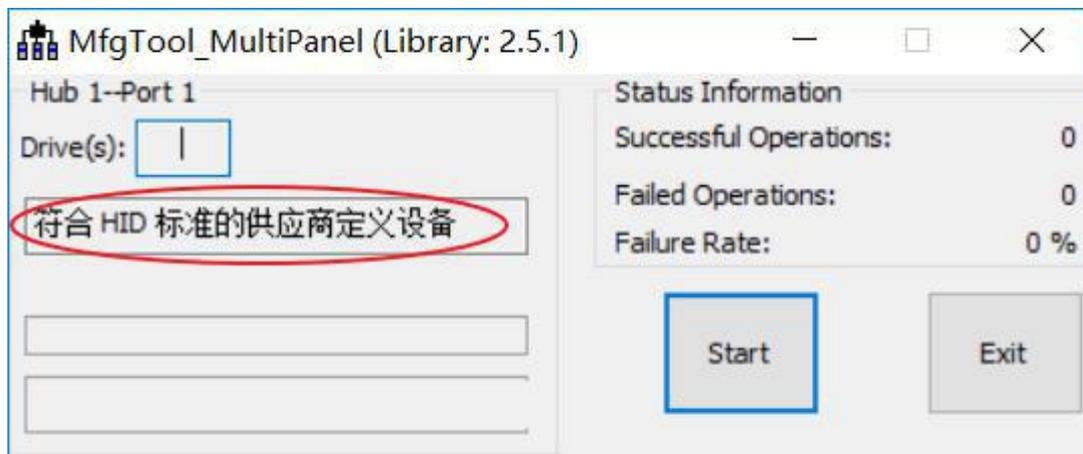
（4）重新给 TWCORE-IMX6DL 开发板上电。

注：若上述 4 个步骤操作正确，则 TWCORE-IMX6DL 重新上电之后，计算机应该能够检测到新的设备接入，并且可以在“设备管理器”中看到新的项目“人体学输入设备/符合 HID 标准的供应商定义设备”，如图所示：

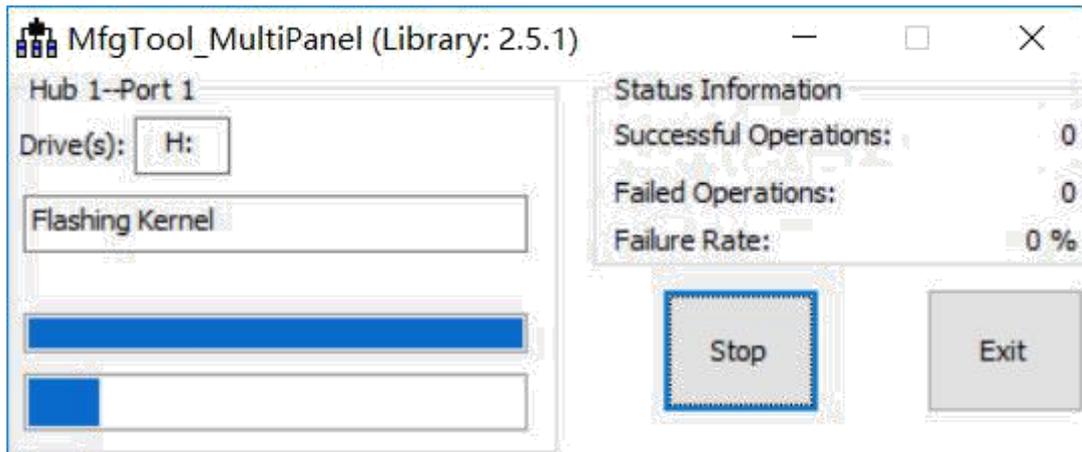


7.1.2 使用 MtgTools 软件进行烧写

双击运行 mfgtools 文件夹中的 MfgTool2.exe 软件,打开 Mfgtool 软件的初始界面,界面显示正在监听“符合 HID 标准的供应商定义设备”,如图所示:

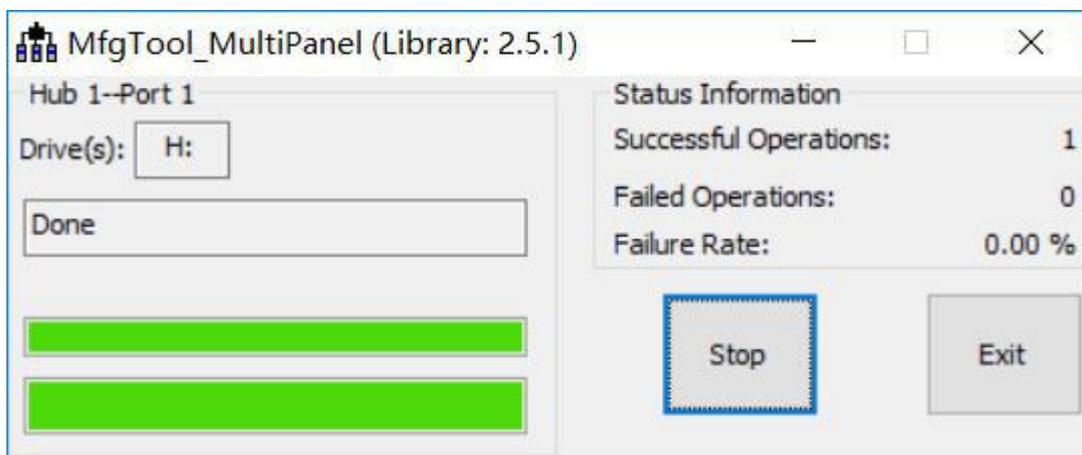


点击 Start 按钮开始进行固件的烧写工作,烧写过程如下图所示:



在烧写过程中,可以在调试串口上看到烧写过程。

待烧写完毕后,如下图所示:



点击—Stop || 按钮后,再点击—Exit || 按钮退出软件。接着断开 TWCORE-IMX6DL 开发板的供电电源并将拨码开关拨到 00000000 位置(即从 EMMC 启动),完成固件烧写工作。

7.2 烧写 DTB

本节介绍在操作系统命令行下,单独烧写设备树文件 DTB 的步骤:

将设备树文件拷贝到开发板/run/media/mmcblk3p1 目录下即可。对于 imx6d 开发板,设备树文件名必须为 imx6dl-sabresd.dtb,而对于 imx6q 开发板,设备树文件名必须为 imx6q-sabresd.dtb。

7.3 烧写 Linux 操作系统

本节介绍在操作系统命令行下,单独烧写操作系统映像文件(zImage)的步骤:

将内核映像文件(zImage)文件拷贝到开发板/run/media/mmcblk3p1 目录下即可。

8. 免责声明

本文档提供有关广州眺望电子科技有限公司产品的信息。本文档并未授予任何知识产权的许可,并未以明示或暗示,或以禁止发言或其它方式授予任何知识产权许可。除广州眺望电子科技在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外,概不承担任何其它责任。并且,产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保,包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等,均不作担保。广州眺望电子科技产品并非设计用于医疗、救生或维生等用途。广州眺望电子科技可能随时对产品规格及产品描述做出修改,恕不另行通知。

文档所属产品可能包含某些设计缺陷或错误,一经发现将收入勘误表,并因此可能导致产品与已出版的规格有所差异。如客户索取,可提供最新的勘误表。在订购产品之前,请您与我司销售处或分销商联系,以获取最新的规格说明。本文档中提及的含有订购号的文档及其它文献可通过访问 <http://www.iot-tw.com> 获得。

广州眺望电子科技有限公司保留所有权利。