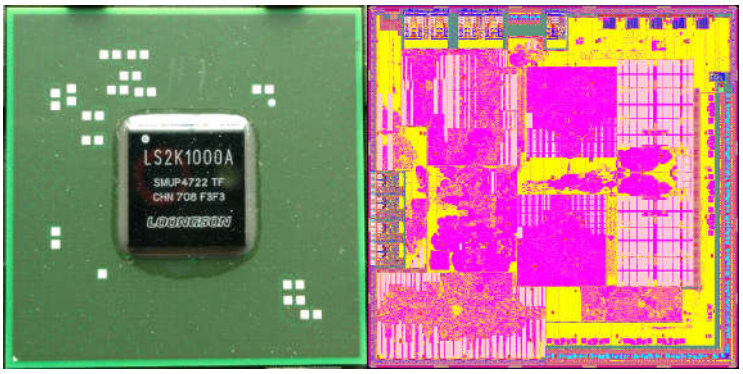
目　　录

一、 2K 龙芯派设备平台简介

1.1 Loongson2K1000 处理器介绍

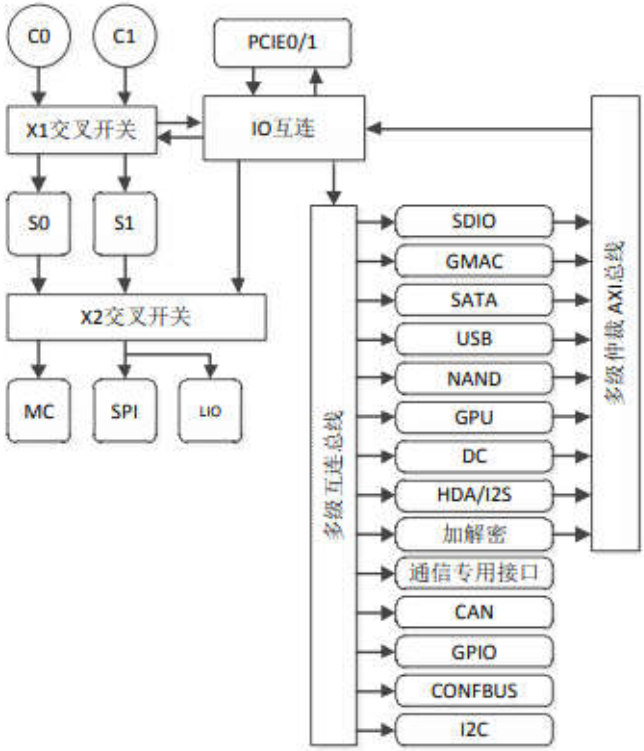


龙芯 2K1000 处理器集成两个 GS264 处理器核， 芯片外围接口包括两路 x4 PCIE2.0、一路 SATA2.0、4 路 USB2.0、两 路 DVO、64 位 DDR2/3，及其它各种小接口。该芯片可以满足网络安全、工业控制、小型终端等领域应用需求，并为其他扩展应用提供相应的接口。

1.1.1 芯片规格

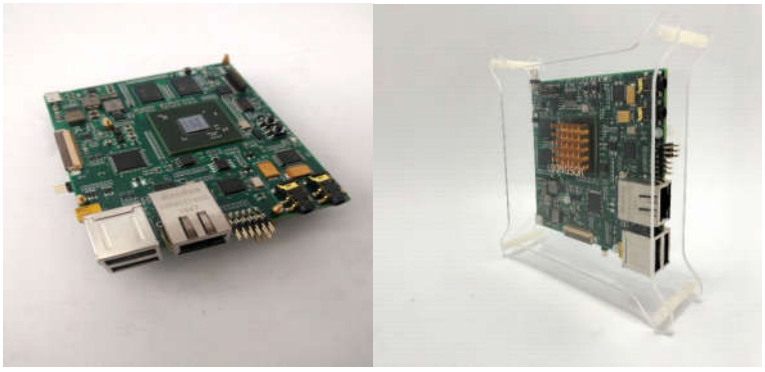
龙芯 2K1000 芯片规格	
主频	1GHz
处理器核	2 个 64 位超标量处理器核GS264； 支持MIPS64 指令集； 支持LISA64 指令集； 10 级超标量流水线； 双发射乱序执行； 2 个定点单元、1 个浮点单元和1 个访存单元
高速缓存	每个处理器核包含32KB 私有一级指令缓存和32KB 私有一级数据缓存； 所有处理器核共享1MB 二级缓存
内存控制器	1 个64 位DDR2/3-1333 控制器；
高速 I/O	2 个PCIE x4 控制器； 可分别配置为4 路x1 及2 路x1 控制器
其它 I/O	4 路USB；SATA；2 路DVO；2 路GMAC NAND；最多12 路UART 2 路CAN AC97/I2S I2C SPI/SDIO GPIO PCIE 等
制造工艺	40nm CMOS 工艺
功耗管理	支持主要模块时钟动态控制；支持ACPI
典型功耗	4.5W@1GHz

1.1.2 芯片结构图



一级交叉开关连接两个处理器核、两个二级 Cache 以及 IO 子网络（Cache 访问路径）。二级交叉开关连接两个二级 Cache、内存控制器、启动模块（SPI 或者 LIO）以及 IO 子网络（Uncache 访问路径）。IO 子网络连接一级交叉开关，以减少处理器访问延迟。IO 子网络中包括需要 DMA 的模块（PCIE、GMAC、SATA、USB、HDA/I2S、NAND、SDIO、DC、GPU 和加解密模块）和不需要 DMA 的模块，需要 DMA 的模块可以通过 Cache 或者 Uncache 方式访问内存。

1.2 2K 龙芯派介绍



2K 龙芯派是首款采用 2K1000 低功耗处理器设计的嵌入式方案验证板，具有资源丰富、接口齐全、低功耗、高可靠的特点。龙芯派搭载 2K1000 处理器（主频 1GHz），板载 DDR3 颗粒，实现 DDR3 的运行存储功能。实现了 GPIO 的输入输出，中断功能。板上集成 1 个网口，集成 3 个 USB 接口，HDMI 接口，LCD 接口，音频输入/输出，集成 SD 卡接口，集成 2 个 CAN 接口，集成 RTC 计时功能。可以外扩 WIFI 模块。2K 龙芯派可以广泛应用于信息安全、电力、轨道交通、工业控制、信号处理、数据通信、信息教育等领域。

1.2.1 2K 龙芯派硬件规格

2K 龙芯派资源丰富，采用龙芯最新一代 2 号处理器 2K1000，集成存储、显示、音频、网络等功能，具有高性能，低功耗的特点。该板卡的具体特性如下：

（1）采用 2K1000 CPU，主频 1GHZ；

（2）板载 DDR3 内存 2GB，主频 400Mhz；

（3）板载启动 Nor FLASH 32Mb；

（4）集成 Micro SD 卡接口，可用于系统安装、存储数据等；

（5）集成 2 路 10/100/1000M 自适应网口；

（6）集成 1 路 2.4G WIFI 模块；

（7）集成 3 路 USB2.0 接口，2 个标准 USB 接口，1 个插针接口；

（8）集成 HDMI、LCD 显示接口；

（9）集成 3.5mm 音频输入/输出接口；

（10）集成 4 路 PWM 接口；

（11）集成 2 路 I2C 接口；

（12）集成 1 路 SPI 接口，包含 3 个片选；

（13）集成 4 路 TTL 串口；

（14）可配最多 30 个输入/输出 GPIO；

（15）集成 2 个 CAN2.0 接口；

（16）集成 EJTAG 调试接口，可用于程序下载、单步调试等；

（17）集成 RTC 功能，保留外置 RTC 电池接口；

（18）集成 CPU 温度检测功能；

（19）集成复位按键；

（20）集成开机按键；

（21）集成 Micro USB 5V/2A 供电接口，该板卡整体功耗<5W；

（22）板卡尺寸 96mm*80mm

1.2.2 Loongnix 操作系统

Loongnix 操作系统是龙芯开源社区推出的 Linux 操作系统，作为龙芯软件生态建设的成果验证和展示环境，集成在内核、驱动、图形环境等操作系统基础设施方面的最新研发成果，以“源码开放、免费下载”的形式进行发布，可直接应用于日常办公、生产、生活

等应用环境，同时可供合作厂商、科研机构及爱好者等在龙芯平台上研发其品牌软件或专用系统。

用户想要获取最新的 Loongnix 操作系统，以及 PMON、内核、编译工具等基础软件，可以访问龙芯开源社区（http://www.loongnix.org/index.php/%E9%A6%96%E9%A1%B5）

1.2.3 SylixOS 翼辉实时操作系统

SylixOS 是国内一款内核自主化率达到 100% 的开源大型实时操作系统；支持 ARM、MIPS、PowerPC、x86、SPARC、DSP 等处理器架构，便于在不同硬件平台之间进行系统迁移；硬实时内核，调度算法先进高效，性能强劲；应用编程接口符合 IEEE、 ISO、 IEC 、GJB7714-2012 相关操作系统编程接口规范，便于基于 Linux、VxWorks 等操作系统应用向 SylixOS 系统的迁移。

SylixOS 提供一整套集设计、开发、调试、仿真、部署、测试于一体的开发平台，便于系统开发与调试，加快软件研发速度，缩短产品研制周期，助力用户专注应用开发。

详细信息可由翼辉信息技术有限公司官网(http://www.acoinfo.com)了解，通过翼辉信息官网 http://www.acoinfo.com/html/experience.php 申请 RealEvo-IDE 龙芯翼辉集成开发套件，申请页面中的附加信息栏填写“龙芯派开发”，开发套件下载链接将会发送到申请时预留的邮箱。

二、 2K 龙芯派外设模组简介

2.1 温湿度感应模块

SHT20 数字温湿度传感器基于领先世界的 CMOSens ® 数字传感技术，具有极高的可靠性和卓越的长期稳定性。全量程标定，两线数字接口，可与单片机直接相连，大大缩短研发时间、简化外围电路并降低费用。此外，该模块体积微小、响应迅速、低能耗、可浸没、抗干扰能力强、温湿一体，兼有露点测量，性价比高，使该产品能够适于多种场合的应用。

技术参数

湿度测量范围：0~100%RH
湿度测量精度：±3%RH
温度测量范围：-40~125℃
温度测量精度：±0.3℃
工作电压：2.1~3.6VDC（请注意：请勿使用 5V 供电）
输出接口：I2C 接口输出

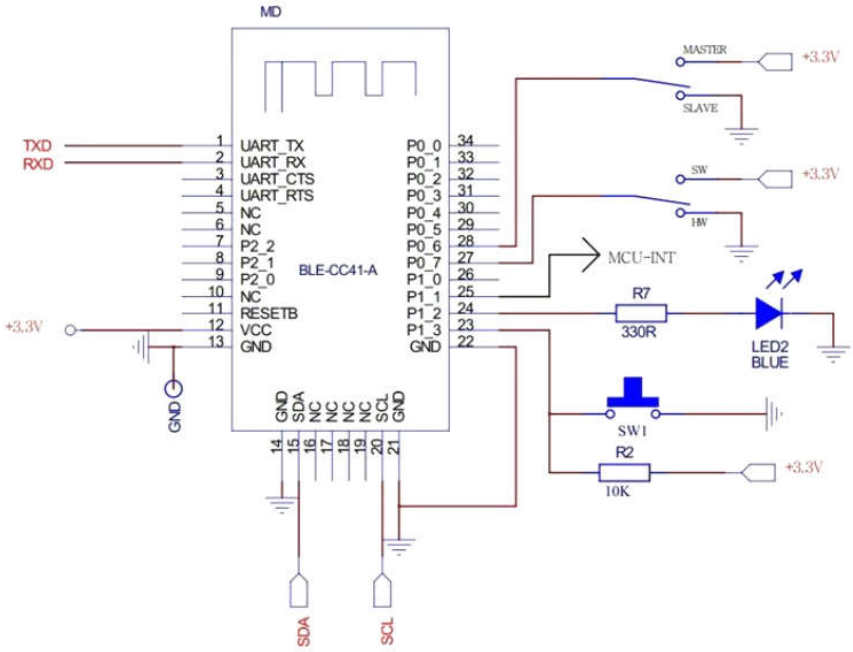
2.2 蓝牙通讯模块

DX-BT05 蓝牙模块采用美国 TI 的 CC2541 芯片，配置 256Kb 空间，遵循 V4.0 BLE 蓝牙规范。支持 AT 指令，用户可以根据需要更改串口波特率、设备名称、配对密码等参数。该模块支持 UART 接口，并支持 SPP 蓝牙串口协议，具有成本低、体积小、功耗低、收发灵敏等特点。

技术参数

连接距离：60 米
蓝牙协议：支持标准 BLE 协议，支持蓝牙 Class1 和 Class2 模式
使用条件：iPhone4S 以上型号，iOS6 以上；Android4.3 版本以上，手机蓝牙版本 4.0
输入电压：3V

模块电路图



2.3 蜂鸣器

模块采用 S8550 三极管驱动，工作电压 3.3V~5V。当 I/O 口输入低电平时，蜂鸣器发声。

接口说明

VCC 外接 3.3V-5V 电压（可以直接与 5v 单片机和 3.3v 单片机相连）

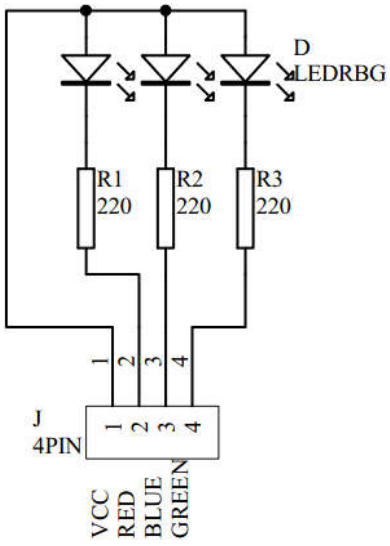
GND 外接 GND

I/O 外接单片机 IO 口

2.4 流水灯控制模块

模块配备 8 个三基色（红绿蓝）全彩 LED，通过扫描控制，与数码管控制方式相同。位选控制对应 LED 点亮，段选控制颜色。通过不同程序可以产生不同的颜色变化效果。

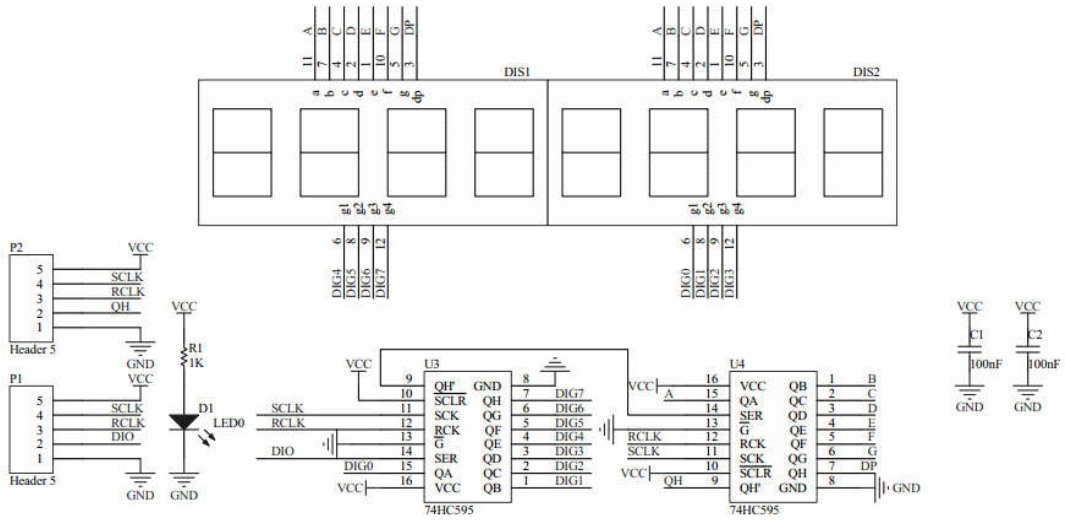
模块电路图



2.5 八位模拟数码管

采用 2 片 595 驱动数码管，根据数码管动态扫描原理进行显示。

模块电路图



2.6 触摸按键模块

TTP223 触摸按键模块是一个基于触摸检测 IC（TTP223B）的电容式点动型触摸开关模块。常态下，模块输出低电平，模式为低功耗模式；当用手指触摸相应位置时，模块会输出高电平，模式切换为快速模式；当持续 12 秒没有触摸时，模式又切换为低功耗模式。可以将模块安装在非金属材料如塑料、玻璃的表面，另外将薄薄的纸片（非金属）覆盖在模块的表面，只要触摸的位置正确，即可做成隐藏在墙壁、桌面等地方的按键。

项目	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压 VCC	2.0	**3**	5.5	V
输出高电平 VOH	—	0.8VCC	—	V
输出低电平 VOL	—	—	0.3VCC	V
输出引脚灌电流（@VCC=3V,VOL=0.6V）	—	**8**	—	mA
输出引脚拉电流（@VCC=3V,VOH=2.4V）	—	**-4**	—	mA
响应时间（低功耗模式）	—	—	220	mS
响应时间（快速模式）	—	—	60	mS
尺寸	24X24X7.2			mm
重量	2			g

三、 基础实验

3.1 GPIO 实验

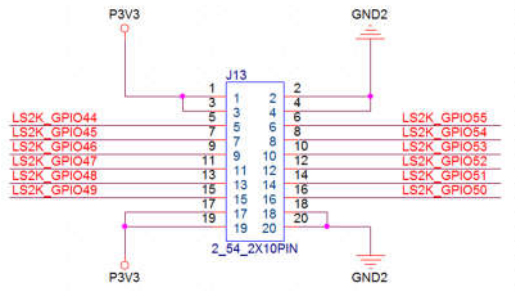
3.1.1 实验设备

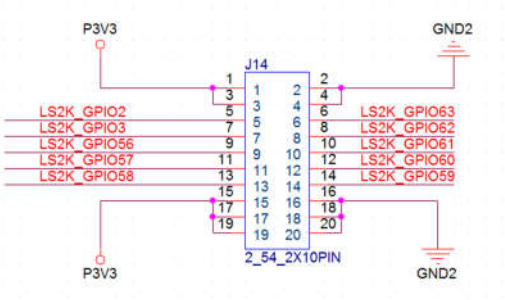
蜂鸣器，74HC595 八位数码管，2K 龙芯派，IO/CAN 转接板，杜邦线。

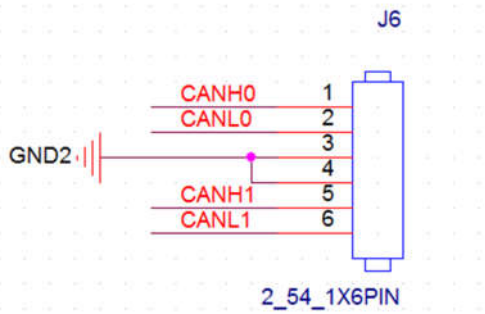
3.1.2 实验原理

通过 linux 内核态及应用层接口设置 GPIO 状态控制不同硬件设备工作。把 IO 模块连接到 2K 龙芯派的 IO 上即可，本实验使用 IO 转接板连接外设，IO 转接板连接如下：

扩展板的插针引脚定义如下：







3.1.3 参考代码

gpio 驱动代码位于 arch/mips/loongson2/ls2k/gpio.c

74HC595 驱动 drivers/char/74HC595.c

74HC595 应用程序 test_led.c,代码如下：

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>

static char num[]={0x9,1,2,3,4,5,6,7};

main()
{
int fd;
    fd=open("/dev/my74hc595-0", O_RDWR); //可读写方式打开设备文件
    if(fd!=-1)
    {
        write(fd, &num, 8); //写设备变量

        close(fd); //关闭设备文件
    }
    else
    {
        printf("Device open failure\n");
        perror("open my74hc595");
    }
}
```

3.1.4 实验步骤

八位数码管实验

（1）连接数码管到板卡上

GPIO59 接 DIO

GPIO57 接 SCLK

GPIO58 接 RCLK

（2）编译及运行应用程序

mipsel-linux-gcc -static -o test_led test_led.c

用 U 盘拷贝 test_led 到板卡中执行如下命令：

chmod +x test_led

./test_led

可观察到八位数码管按 num 数组值依次点亮和熄灭。

（3）控制数码管熄灭时间

修改驱动 write_to_74hc 函数和 LED_OUT 函数中的 msleep（xx）函数中的 xx 值，控制每位数码管的熄灭时间。编译内核并更新到系统 boot 目录下，重启系统运行 test_led,可多次重复实验。

蜂鸣器控制（用户态接口）

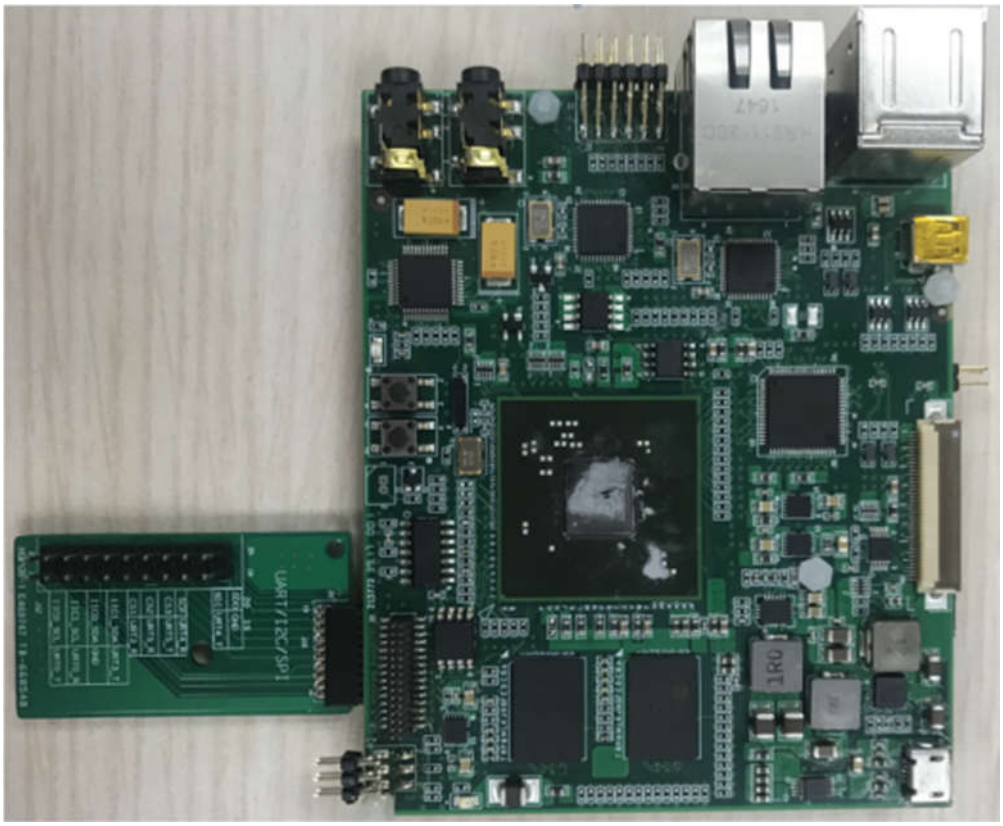
本实验通过用户态 GPIO 接口，实现对 GPIO 高低的控制，达到对蜂鸣器的控制。以蜂鸣器接在 GPIO1 为例，在 fedora21 的终端下输入如下命令：

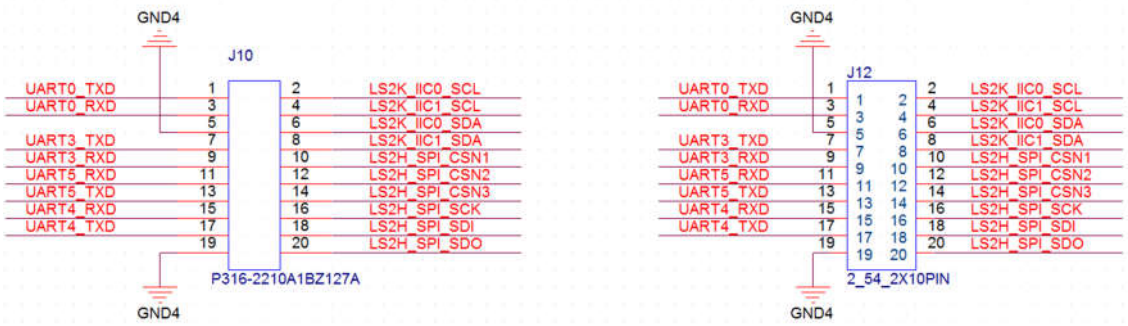
echo 1 > /sys/class/gpio/export 导出 GPIO1
echo out > /sys/class/gpio/gpio1/direction 设置 GPIO 方向为输出
cat /sys/class/gpio/gpio1/value 读取 GPIO 值
echo 1 >/sys/class/gpio/gpio1/value GPIO1 输出为高
echo 0 >/sys/class/gpio/gpio1/value GPIO1 输出为低
可通过输出高低的时间长短来控制蜂鸣器鸣响的时间。

3.2 I2C 接口实验

3.2.1 实验设备

I2C 温湿度模块，2K 龙芯派，UART/I2C/SPI 扩展板、杜邦线。扩展板连接如下：





3.2.2 实验内容

2K 龙芯派预留了两路 I2C 到 UART/I2C/SPI 转接板，软件按 sht21 规范通信协议读取温度及湿度，修改使用不同 I2C 接口及修改驱动源码读出。

3.2.3 参考资料

驱动代码位于 drivers/hwmon/sht21.c
传感器 datasheet SHT20-Datasheet(温湿度).pdf
2K 龙芯派原理图

3.2.4 实验步骤

（1）连接传感器到板卡上
按入门手册要求把传感器接到板卡的 I2C1 接口上。
（2）编译内核及驱动
a) 配置编译选项
make menuconfig ARCH=mips
驱动选项位于：
Device Drivers ----->
<*> Hardware Monitoring support----->
<*>Sensiron humidity and termperature sensors. SHT21 and compat.
（2）读出未转化温度
用 u 盘拷贝内核 vmlinux 到 sd 卡的 boot 目录中，重启后驱动生效。在终端下通过如下命令可读取到温湿度。

cat /sys/class/hwmon/hwmon0/device/humidity1_input 可读取到湿度

Cat /sys/class/hwmon/hwmon0/device/temp1_input 可读取到温度

（3）修改驱动
根据传感器 datasheet 修改，驱动程序读出摄氏温度及相对湿度
（4）修改 I2C 接口
修改 arch/mips/loongson2/ls2k/platform.c 中 i2c_register_board_info(I2C_BUS_1, &ls2k_sht21_info,1)的 I2C_BUS_1 为 I2C_BUS_0 可切换为 i2c0 上，通过切换不同 I2C 接口重复如上实验。

3.3 串口实验

3.3.1 实验设备

蓝牙模块，2K 龙芯派，杜邦线

3.3.2 实验原理

通过串口编程对蓝牙模块发送不同命令，以达到控制蓝牙模块工作的目的。

3.3.3 参考代码

应用程序 comm.c socket2.c
（注：代码以单独文件提供）

3.3.4 实验步骤

（1）编译串口测试应用程序

```
mipsel-linux-gcc -static -o test_uart comm.c socket2.c
```

（本实验程序是发送数据到蓝牙）

（2）打开手机中的蓝牙接收程序

（3）运行 test_uart

可在手机 APP 上看到不停的有 0x55 0x11 到 0xff 数据接收。

（4）用户可以修改应用程序及 APP 进行不同方向的数据接收及发送。

四、 SylixOS 实时操作系统实验

4.1 SylixOS 内核模块基本实验

4.1.1 实验目的

- 掌握内核模块工程设计的流程
- 对内核模块的功能实现和使用有形象的认识

4.1.2 实验内容

- 完成一个内核模块工程的创建、编译、装载和卸载

4.1.3 实验环境

- 硬件：已经部署 SylixOS 操作系统的验证平台，一台 PC 主机
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.1.4 实验原理

内核模块文件开始，需要使用宏定义“__SYLIXOS_KERNEL”声明当前文件为内核模块。

任何一个内核模块工程或文件都要包含两个头文件“SylixOS.h”和“module.h”，前者是 SylixOS 系统统一的头文件，包含系统内核各个模块功能定义，后者则包含内核模块装载器相关参数与 API。

装载一个内核模块的 shell 命令是 insmod，在装载模块时，会自动调用内核模块内的 module_init 函数。在内核模块中需要进行的初始化工作可以放在 module_init 函数内。编写驱动程序时需要的接口初始化、注册设备这些操作都需要放在此函数内。

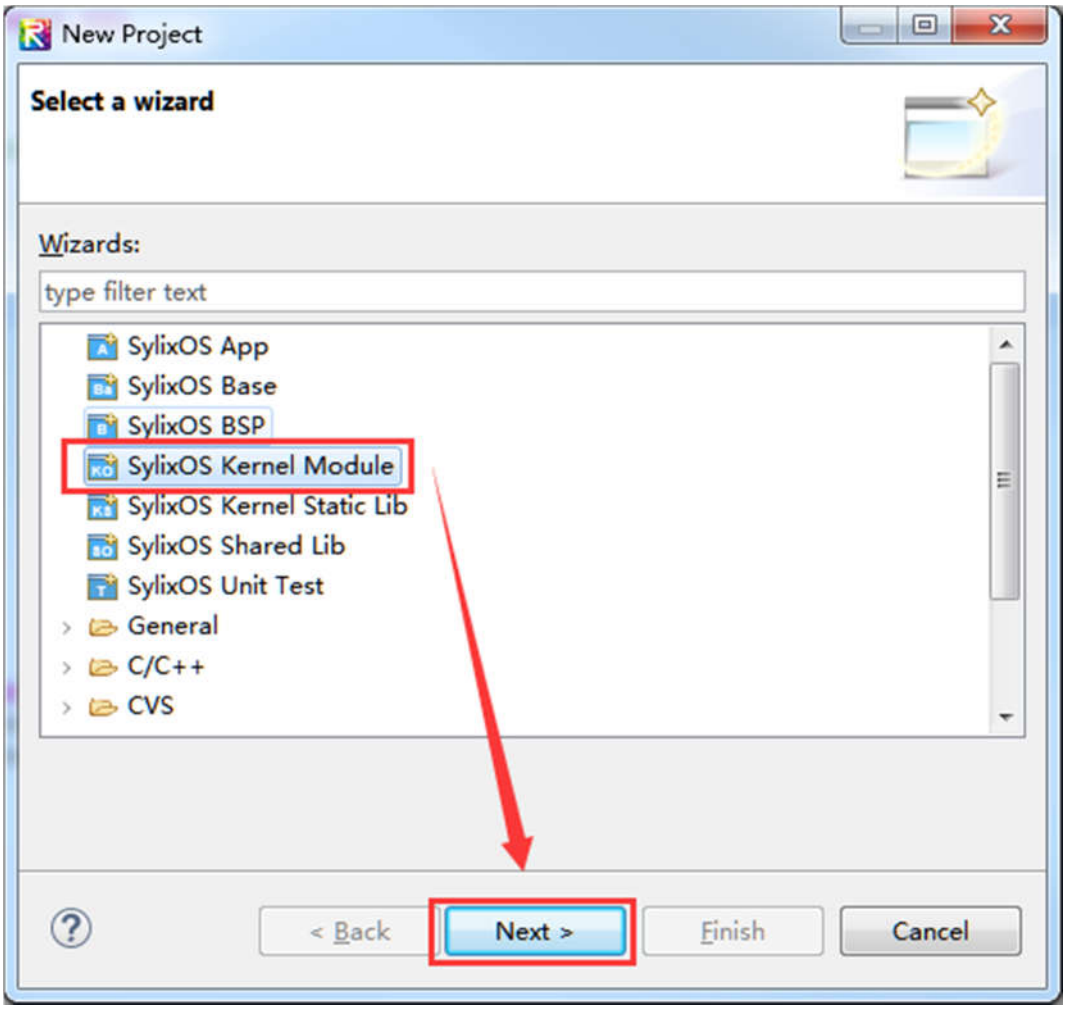
卸载一个内核模块的 shell 命令是 rmmod，在卸载模块时，会自动调用内核模块内的 module_exit 函数。内核模块中一些任务结束后需要释放系统资源，释放系统资源操作可以放在 module_exit 内完成。

一个内核模块工程中可能有很多函数，但不是所有的函数都能够被其他模块或程序使用，只有被宏“LW_SYMBOL_EXPORT”声明的函数才能够被其他模块或程序使用。编译内核模块的 SylixOS 内核版本与验证平台运行的 SylixOS 内核版本需要保持一致，否则会装载失败。

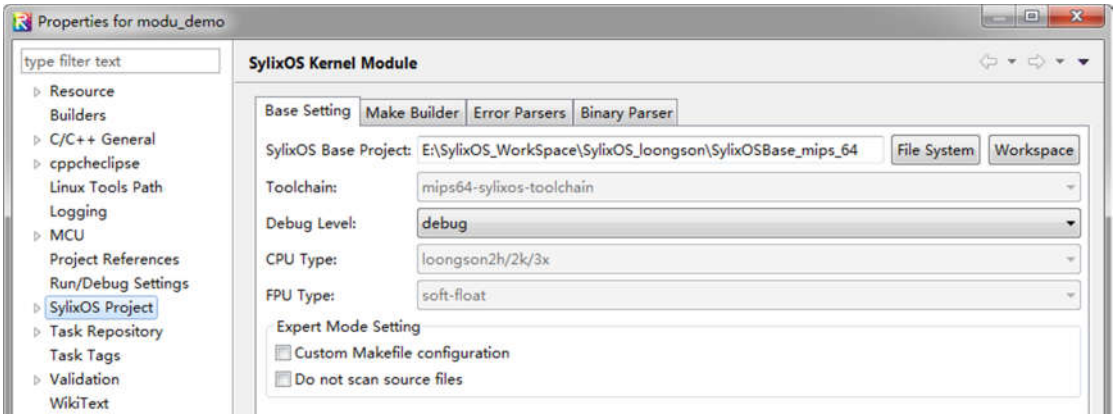
4.1.5 实验步骤

1. 创建内核模块工程

打开 RealEvo-IDE，“File”→“New”→“Project”创建内核模块工程，选择“SylixOS Kernel Module”。如下图所示：



点击“Next”按钮，添加工程命名 modu_demo，点击“Next”按钮，选择“SylixOS base project”路径。如下图所示：



之后点击“Finish”按钮，完成工程创建。创建后的工程，会自动生成 modu_demo.c 文件，文件包含有默认代码。本实验例程中不对生成的代码做任何修改。

内核模块工程生成的默认代码

```
#define  __SYLIXOS_KERNEL
#include <SylixOS.h>
#include <module.h>
/*
 *  SylixOS call module_init() and module_exit() automatically.
 */
void module_init (void)
{
    printk("hello_module init!\n");
    return (0);
}
void module_exit (void)
{
    printk("hello_module exit!\n");
}
/*
 *  module export symbols
 */
LW_SYMBOL_EXPORT void hello_module_func (void)
{
    printk("hello_module_func() run!\n");
}
```

2. 装载内核模块

编译工程 modu_demo，将生成的程序文件 modu_demo.ko 上传到验证平台中。需要注意，内核模块工程的“Upload Setting”中默认路径是/lib/modules/modu_demo.ko。

在控制台中，将当前工作路径切换到/lib/modules 下，装载内核模块

```
[root@sylixos_station:/lib/modules]# insmod modu_demo.ko
hello_module init!
module modu_demo.ko registor ok, handle : 0xffffffff82131470
```

- 执行装载命令后，输出信息是 module_init 函数的打印信息
- 装载成功后，会返回 handle

3. 卸载内核模块

```
[root@sylixos_station:/lib/modules]# rmmod modu_demo.ko
hello_module exit!
```

4.2 SylixOS 八位数码管 I/O 控制实验

4.2.1 实验目的

- 掌握对显示数码管的操作

4.2.2 实验内容

- 阅读 app_hc595.c 程序代码，了解 hc595 的操作流程和相关函数使用

- 编译 app_hc595 工程，并将程序上传到验证平台运行查看效果

4.2.3 实验环境

- 硬件：八位串行 595 数码管，2K 龙芯派，杜邦线
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.2.4 实验原理

硬件接线：

模块 P1 的 1 引脚连接 J14 的 2 引脚；模块 P1 的 2 引脚连接 J14 的 14 引脚；
模块 P1 的 3 引脚连接 J14 的 13 引脚；模块 P1 的 4 引脚连接 J14 的 11 引脚；
模块 P1 的 5 引脚连接 J14 的 1 引脚。

程序清单 app_hc595.c

```
#include <stdio.h>

int main (int argc, char **argv)
{
    INT      iFd;
    UCHAR    ucBuf[8]={1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8};

    iFd = open("/dev/hc595", O_RDWR, 0666);
    if (iFd < 0) {
        printf("open dev failed\r\n");
        return (-1);
    }

    write(iFd, ucBuf, sizeof(ucBuf));
    sleep(1);
    close(iFd);

    return (0);
}
```

4.2.5 实验步骤

1. 使用 IDE System FTP 上传 ls2kdrv_hc595.ko 内核模块库到验证平台
2. 在控制台中，切换到/lib/modules/drivers 目录，执行命令 insmod ls2kdrv_hc595.ko
3. 切换到/apps/app_hc595 目录，执行命令./app_hc595；看到数码显示管循环依次显示 1~8

4.3 SylixOS 温湿度感应实验

4.3.1 实验目的

- 掌握通过温湿度模块采集温度和湿度

4.3.2 实验内容

- 阅读 app_sht20.c 程序代码，了解该模块的操作及使用

- 编译 app_sht20 工程，并将程序上传到验证平台运行查看效果

4.3.3 实验环境

- 硬件：I2C 温湿度模块，2K 龙芯派，杜邦线
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.3.4 实验原理

硬件接线：

模块 scl 引脚连接到 J12 的 2 引脚；模块 sda 引脚连接到 J12 的 6 引脚；

模块 vcc 引脚连接到 J13 的 1 引脚；模块 gnd 引脚连接到 J13 的 2 引脚；

该模块是 IIC 接口，与龙芯 2K 派的 IIC 接口相连即可，该实验例程连接到 IIC0 通道。

程序清单 app_sht20.c

```
#include <stdio.h>

int main (int argc, char **argv)
{
    INT      iFd;

    iFd = open("/dev/sht20", O_RDWR, 0666);
    if (iFd < 0) {
        printf("open dev failed\r\n");
        return (-1);
    }
    while(1) {
        UCHAR    ucBuf[4]={0};
        read(iFd, ucBuf, 4);
        printf("temp:%d    humi:%d\r\n", (*(UINT16 *)ucBuf) / 1000,
                                          (*(UINT16 *)(ucBuf + 2)) / 1000);
        sleep(1);
    }
    close(iFd);

    return (0);
}
```

4.3.5 实验步骤

1. 使用 IDE System FTP 上传 ls2kdrv_sht20.ko 内核模块库到验证平台
2. 在控制台中，切换到/lib/modules/drivers 目录，执行命令 insmod ls2kdrv_sht20.ko
3. 切换到/apps/app_sht20 目录，执行命令./app_sht20；终端打印当前的温度和湿度值

4.4 SylixOS 蓝牙模块调试实验

4.4.1 实验目的

- 掌握通过串口和蓝牙模块通讯

- 掌握通过手机蓝牙和蓝牙模块通讯

4.4.2 实验内容

- 理解 app_bluetooth.c 程序代码，掌握和蓝牙模块通讯的方法
- 掌握手机和蓝牙模块的通讯方法

4.4.3 实验环境

- 硬件：蓝牙模块，2K 龙芯派，安卓或苹果手机，杜邦线
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.4.4 实验原理

硬件接线：

模块 TXD 引脚连接到 J12 的 15 引脚；模块 RXD 引脚连接到 J12 的 17 引脚；

模块 3.3V 引脚连接到 J13 的 1 引脚；模块 GND 引脚连接到 J13 的 2 引脚；

DX-BT05 4.0 蓝牙模块是专为智能无线数据传输而打造，采用美国 TI 公司 CC2541 芯片，配置 256Kb 空间，遵循 V4.0 BLE 蓝牙规范。支持 AT 指令，用户可根据需要更改串口波特率、设备名称、配对密码等参数，使用灵活。

本模块支持 UART 接口，并支持 SPP 蓝牙串口协议，具有成本低、体积小、功耗低、收发灵敏性高等优点，只需配备少许的外围元件就能实现其强大功能。

程序清单 app_bluetooth.c

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

int         iFd;                                /* 文件描述符返回值              */

void  *pthread_tx_test (void  *pvArg)
{
    int  iFd = *(int *)pvArg;

    write(iFd, "AT\r\n", sizeof("AT\r\n"));
    sleep(1);
    write(iFd, "AT+VERSION\r\n", sizeof("AT+VERSION\r\n"));
    sleep(1);

    return (NULL);
}

void  *pthread_rx_test (void  *pvArg)
{
    int  iFd = *(int *)pvArg;

    for (;;) {
        char buf[1024] ="";
        read(iFd, buf, 1024);
```

```
        printf("\r%s\n", buf);
    }

    return (NULL);
}

int  main (int  argc, char  **argv)
{
    pthread_t   Txtid, Rxtid;

    iFd = open("/dev/ttyS4", O_RDWR, 0666);

    ioctl(iFd, FIOBAUDRATE, 9600);
    ioctl(iFd, FIOSETOPTIONS, (OPT_TERMINAL & (~OPT_7_BIT) & (~OPT_ECHO)));

    pthread_create(&Txtid, NULL, pthread_tx_test, (void *)&iFd);
    pthread_create(&Rxtid, NULL, pthread_rx_test, (void *)&iFd);

    pthread_join(Txtid, NULL);
    pthread_join(Rxtid, NULL);

    return (0);
}
```

4.4.5 实验步骤

1. 编译 app_bluetooth 工程，将生成的程序文件上传到验证平台
2. 在控制台中，切换到/apps/app_bluetooth 目录，执行令./app_bluetooth 可以看到串口上打印 OK 和蓝牙的版本号
3. 用手机客户端 LightBlue 和蓝牙模块通讯，参考《DX-BT05 4.0 蓝牙手机操作指南》

4.5 SylixOS 触摸按键实验

4.5.1 实验目的

- 掌握通过 GPIO 来采集触摸按键的输入状态

4.5.2 实验内容

- 阅读 app_tip223b.c 程序代码，了解触摸按键的操作流程和相关函数使用
- 编译 app_tip223b 工程，并将程序上传到验证平台运行查看效果

4.5.3 实验环境

- 硬件：tip223b 触摸按键，2K 龙芯派，杜邦线
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.5.4 实验原理

硬件接线：

模块 VCC 引脚连接到 J13 的 1 引脚；模 GND 引脚连接到 J13 的 2 引脚；

模块 SIG 引脚连接到 J14 的 11 引脚。

该模块是一个基于触摸检测 IC（TTP223B）的电容式点动型触摸开关模块。常态下模块输出低电平，模式为低功耗模式；当用手指触摸相应位置时，模块会输出高电平，模式切换为快速模式；当持续 12 秒没有触摸时，模式又切换为低功耗模式。可以将模块安装在非金属材料如塑料、玻璃的表面，另外将薄薄的纸片（非金属）覆盖在模块的表面，只要触摸的位置正确，即可做成隐藏在墙壁、桌面等地方的按键。该模块可以让你免除常规按压型按键的烦恼。

模块特点如下：

点动型：初态为低电平，触摸为高电平，正反面均可作为触摸面；

控制接口：共 3 个引脚（GND、VCC、SIG），SIG 为数字信号输出脚；

电源指示灯：绿色 LED，上电正确即发亮；

触摸区域：类似指纹的图标内部区域，手指轻轻触摸即可触发；

定位孔：4 个 M2 螺丝定位孔，孔径为 2.2mm，便于安装定位，实现模块间组合。

程序清单 app_tip223b.c

```
#include <stdio.h>

int main (int argc, char **argv)
{
    INT      iFd;

    iFd = open("/dev/tip223b", O_RDWR, 0666);
    if (iFd < 0) {
        printf("open dev failed\r\n");
        return (-1);
    }
    sleep(5);
    close(iFd);

    return (0);
}
```

4.5.5 实验步骤

1. 使用 IDE System FTP 上传 ls2kdrv_tip223b.ko 内核模块库到验证平台
2. 在控制台中，切换到/lib/modules/drivers 目录，执行命令 insmod ls2kdrv_tip223b.ko
3. 切换到/apps/app_tip223b 目录，执行命令./app_tip223b，用手指触摸按键，可以看到控制台打印 the key is to be pressed，不触摸按键不打印信息

4.6 SylixOS 八位流水灯实验

4.6.1 实验目的

- 掌握通过 GPIO 来控制 LED 灯，实现流水灯的效果

4.6.2 实验内容

- 阅读 app_8bitled.c 程序代码，了解 LED 驱动的操作流程和相关函数使用
- 编译 app_8bitled 工程，并将程序上传到验证平台运行查看效果

4.6.3 实验环境

- 硬件：三基色 LED 模块，2K 龙芯派，杜邦线
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.6.4 实验原理

8 个三基色（红绿蓝）全彩 LED，扫描式控制方式，与数码管控制方式相同，位选控制对应 LED 点亮，段选控制颜色，通过不同的程序可以产生不同的颜色变化效果。

接线方法：

模块 D0 引脚连接到 J13 的 16 引脚；模块 D1 引脚连接到 J13 的 14 引脚；

模块 D2 引脚连接到 J13 的 12 引脚；模块 D3 引脚连接到 J13 的 10 引脚；

模块 D4 引脚连接到 J13 的 8 引脚；模块 D5 引脚连接到 J13 的 6 引脚；

模块 D6 引脚连接到 J14 的 9 引脚；模块 D7 引脚连接到 J14 的 11 引脚；

另外旁边有三个 RGB 的脚位，需要跟 GND 相连，跟 R 相连就亮红色，跟 G 相连就亮绿色，跟 B 相连就亮蓝色，三个同时连起来就全都亮。龙芯派 J13 和 J14 的 2、4、18、20 引脚都是 GND，VCC 引脚连接到 J13 的 1 引脚。

程序清单 app_8bitled.c

```
#include <stdio.h>

#define LED_STATE           3               /*  LED 状态                    */
#define LED_ON              1               /*  LED 亮                      */
#define LED_OFF             0               /*  LED 灭                      */

int main (int argc, char **argv)
{
    INT    iFd[8], i;
    static CHAR    *_G_pcLedDevName[8] = {
            "/dev/led0", "/dev/led1", "/dev/led2", "/dev/led3",
            "/dev/led4", "/dev/led5", "/dev/led6", "/dev/led7",
    };
    while(1) {
        for (i = 0; i < 8; i++) {
            iFd[i] = open(_G_pcLedDevName[i], O_RDWR, 0666);
            if (iFd[i] < 0) {
                printf("failed to open %s\r\n", _G_pcLedDevName[i]);
```

```
                return (PX_ERROR);
            }

            ioctl(iFd[i], LED_STATE, LED_ON);
            msleep(40);

            ioctl(iFd[i], LED_STATE, LED_OFF);
            msleep(40);

            close(iFd[i]);
        }
    }

    return (0);
}
```

4.6.5 实验步骤

1. 使用 IDE System FTP 上传 ls2kdrv_led.ko 内核模块库到验证平台
2. 在控制台中，切换到/lib/modules/drivers 目录，执行命令 insmod ls2kdrv_led.ko
3. 切换到/apps/app_8bitled 目录，执行命令./app_8bitled；可以看到灯依次闪烁，效果像流水一样

4.7 SylixOS 蜂鸣器实验

4.7.1 实验目的

- 掌握蜂鸣器的操作原理和使用

4.7.2 实验内容

- 阅读 app_beep.c 程序代码，了解 beep 的操作流程和相关函数使用
- 编译 app_beep 工程，并将程序上传到验证平台运行查看效果

4.7.3 实验环境

- 硬件：蜂鸣器，2K 龙芯派，杜邦线
- 软件：RealEvo-IDE、putty

4.7.4 实验原理

硬件接线：

模块 VCC 引脚连接到 J13 的 1 引脚；模 GND 引脚连接到 J13 的 2 引脚；

模块 I/O 引脚连接到 J14 的 11 引脚。

模块采用 S8550 三极管驱动，当 I/O 口输入低电平时，蜂鸣器发声。

程序清单 app_beep. c

```
#include <stdio.h>
#define BEEP_RING           0               /*  BEEP 鸣叫命令               */
int main (int argc, char **argv)
```

```
{
    INT     iFd;
    ULONG   ulMsTime;
    INT     i;

    iFd = open("/dev/beep", O_RDWR, 0666);
    if (iFd < 0) {
        printf("failed to open /dev/beep\n");
        return (-1);
    }

    for (i = 0; i < 10; i++) {
        ulMsTime = 100;
        ioctl(iFd, BEEP_RING, ulMsTime);

        sleep(1);
    }

    sleep(2);
    close(iFd);

    return (0);
}
```

4.7.5 实验步骤

1. 使用 IDE System FTP 上传 ls2kdrv_beep.ko 内核模块库到验证平台
2. 在控制台中，切换到/lib/modules/drivers 目录，执行命令 insmod ls2kdrv_beep.ko
3. 切换到/apps/app_beep 目录，执行命令./app_beep；可以听到蜂鸣器鸣叫