

实验 14 -外部中断

1. 实验目的

掌握 NRF24LE1 的 GPIO 外部中断的配置和使用以及注意事项。

2. 实验内容

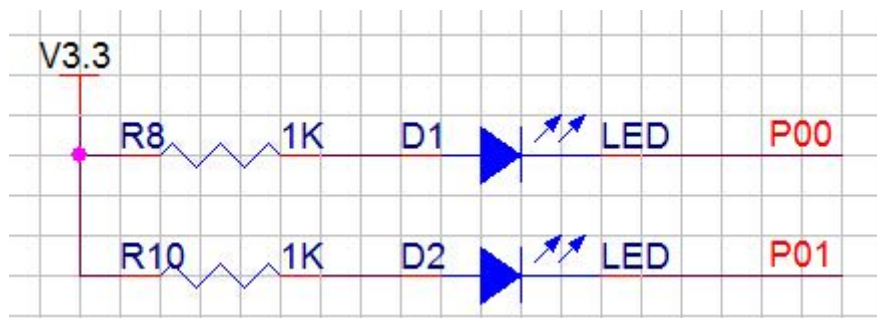
使用 NRF24LE1 的 GPIO 输出控制 LED 的亮灭。

配置 P0.6(GPINT1)为外部中断，低电平触发。

程序运行后，用杜邦线将排针 JP1 中间的针(P0.6)短接到 GND(注意：短接时先将排线接地，再短接 JP1 中间的针)，触发管脚中断。可以看到，每短接一次，指示灯 D1 的状态翻转一次。

3. 实验原理

3.1. 电路原理



开发板上配置的两个用户指示灯 D1、D2，分别有 GPIO P0.0 和 P0.1 控制，当 GPIO 输出高电平时，LED 两端电压相等，LED 上没有电流流过，LED 处于灭状态，当 GPIO 输出低电平时，LED 两端存在正向压差，电流流过 LED，LED 被点亮。

3.2. 寄存器配置

3.2.1. GPIO 配置

NRF24LE1 的 GPIO 通过 2 个寄存器来配置：PxDIR 和 PxCON(更详细的内容请查阅 NRF24LE1 数据手册)。

- PxDIR: 设置 IO 的方向。
- PxCON: 设置 IO 的功能。

表 1: P0DIR 寄存器（地址：0x93，复位值：0xFF）

位	名称	R/W	功能
7~0	方向	R/W	P0.0~P0.7 方向位。输出：dir=0，输入：dir=1。 P0DIR 0 – P0.0

			P0DIR 1 – P0.1 P0DIR 2 – P0.2 P0DIR 3 – P0.3 P0DIR 4 – P0.4 P0DIR 5 – P0.5 P0DIR 6 – P0.6 P0DIR 7 – P0.7
--	--	--	--

按照上述内容，对 P0.0 进行配置如下：

P0DIR &= ~0x01; //配置 P0.0 为输出

P0CON：采用默认值即可。

3.2.2. 中断相关寄存器配置

使用外部管脚中断，需要配置下面三个寄存器：

表 2：INTEXP 寄存器

地址	位	描述
0xA6	7~6	没有使用
	5	1：使能 GP INT2 中断(到 IFP)
	4	1：使能 GP INT1 中断(到 IFP)
	3	1：使能 GP INT0 中断(到 IFP)
	2	1：使能 2 线完成中断(WIRE2IRQ)
	1	1：使能主 SPI 完成中断(MSDONE)
	0	1：使能从 SPI 完成中断(SSDONE)

表 3：IEN0 寄存器

地址	位	描述
0xA8	7	1：允许中断；0：禁止所有中断
	6	未使用
	5	1：使能 TIMER2 (tf2/exf2) 中断
	4	1：使能串口中断(ri0/ti0)
	3	1：使能 TIMER1 溢出(tf1)中断
	2	1：使能电源失效(POFIRQ)中断
	1	1：使能 TIMER0 溢出(tf0)中断
	0	1：使能引脚(IFP)中断

表 4：TCON 寄存器

地址	复位值	位	名称	自动清除	说明
0x88	0x00	7	tf1	是	Timer1 溢出标志，当 Timer1 溢出时由硬件置位。
		6	tr1	否	Timer1 运行控制，清 0 时，Timer1 停止工作。
		5	tf0	是	Timer0 溢出标志，当 Timer0 溢出时

					由硬件置位。
		4	tr0	否	Timer0 运行控制，清 0 时，Timer0 停止工作。
		3	ie1	是	外部中断 1 标志，由硬件置位。
		2	it1	否	外部中断 1 类型控制。1：下降沿触发，0：低电平触发。
		1	ie0	是	外部中断 0 标志，由硬件置位。
		0	it0	否	外部中断 0 类型控制。1：下降沿触发，0：低电平触发。

按照上述内容，对 P0.6 进行配置如下：

```

INTEXP=0x10;    //使能 GP INT1 中断
TCON &= ~0x04;  //中断类型：低电平触发
IEN0 |= 0x01;   //使能引脚(IFP)中断

```

特别需要注意的地方是：

- NRF24LE1 QFN32 封装只有两个管脚具备外部中断功能，P0.5-GPINT0，P0.6-GPINT1。
- 开启总中断，即 EA=1。

4. 实验步骤

- 在 Keil uVision4 中打开工程 “gpio_int.uvproj” 工程；
- 编译工程，注意查看编译输出栏，观察编译的结果，如果有错误，修改程序，直到编译成功为止；

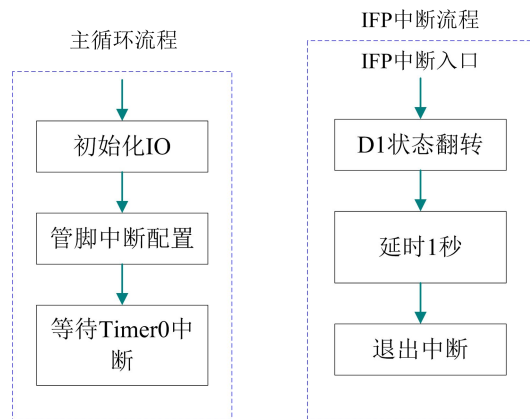


- 将编译生成的 HEX 文件 “gpio_int.hex” (该文件位于工程目录下的 “Object” 文件夹中)通过编程器下载到开发板中运行。
- 用杜邦线将排针 JP1 中间的针(P0.6)短接到 GND(注意：短接时先将排线接地，再短接 JP1 中间的针)，可以看到，每短接一次，指示灯 D1 的状态翻转一次。

5. 实验程序

5.1. 程序流程

GPIO 输出控制 LED 的程序执行流程如下图所示：



5.2. 程序清单

```

#define D1    P00 //开发板上的指示灯 D1
/*****

*描 述：IO 初始化
*入 参：无
*返回值：无
*****/

void IO_Init(void)
{
    P0DIR &= ~0x01; //配置 P0.0 为输出
    D1 = 1;         //设置 D1 初始状态为熄灭
}

/*****

*描 述：中断配置
*入 参：无
*返回值：无
*****/

void GPINT1_init(void)
{
    INTEXP=0x10; //使能 GP INT1 中断
    TCON &= ~0x04; //中断类型：低电平触发
    IEN0 |= 0x01; //使能引脚(IFP)中断
}

/*****

*描 述：主函数
*入 参：无
*返回值：无
*****/

```

```
void main(void)
{
    IO_Init();          //IO 初始化
    GPINT1_init();      //中断配置
    EA=1;               //使能全局中断

    while(1)
    {

    }
}

/*****
*描 述：中断服务函数
*入 参：无
*返回值：无
*****/
void GPINT1_IRQ() interrupt INTERRUPT_IPF
{
    D1 = ~D1;           //指示灯 D1 状态翻转
    delay_ms(1000);      //延时 1 秒，方便观察实验现象
}
```