

1. 实验[1] 时钟选择与 GPIO 操作

1.1 实验目的

熟悉 ARM 的集成开发环境 KEIL uVision5，能够自行建立一个实验用工程项目；
理解 CPU 的时钟信号，理解软件延时的时长与系统时钟(SYSCLK)频率的关系；
掌握 GPIO 的工作原理，能够结合 GPIO 的输入与输出进行实验。

1.2 实验主要器材和设备

电脑，TM4C1294NCPDT 实验板卡，数字示波器。

1.3 关于例程 exp0.c 的说明

在实验中，关于微处理器程序设计，建议认真学习和参考例程 exp0.c 的代码结构和指令写法。按照任务要求，改写该例程获得能实现有关功能的程序代码。

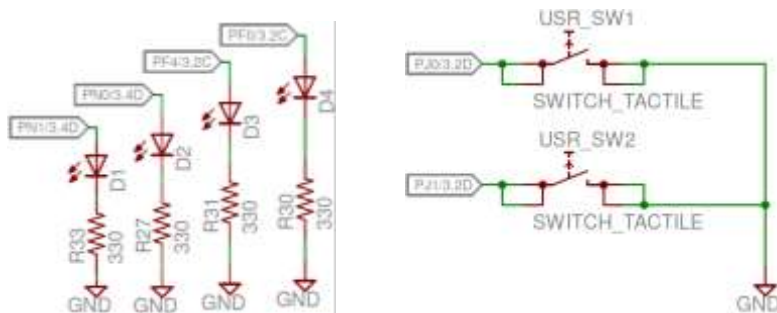


图 1-1 LED 指示灯和按键及其 GPIO 对应的原理图

图 1-1 是 TM4C1294NCPDT 板卡上 4 个发光二极管灯和 2 个按键及对应 GPIO 引脚的电路原理示意图。从图上可见，比如代号 D1 的 LED 灯受控于微处理器 GPIO 引脚 PN1（程控设置为输出引脚），当后者逻辑输出高电平时，D1 被点亮，低电平则熄灭。而对代号 USR_SW1 的自复位按键，如果它被操作者按下，则 GPIO 引脚 PJ0（程控设置为输入引脚）呈现为逻辑低电平，可以被程序代码读取到“0”值；当它被释放则 PJ0 为高电平，程序代码读其结果为“1”值。

为了更紧凑和完整地表示含义，后文以形如 D1-PN1 表示发光二极管 D1，并标注其对应的 GPIO 引脚；用形如 USR_SW1-PJ0 表示按键 USR_SW1，并标注其对应的 GPIO 引脚；等等。

图 1-2 是程序流程示意图。

例程 exp0.c 所实现的外部可见功能如下：

- 初始时，D4-PF0 以大约 1 秒为周期慢速闪烁；
- 当按下 USR_SW1-PJ0，D4-PF0 以大约 100 毫秒为周期快速闪烁；
- 松开 USR_SW1-PJ0，D4-PF0 恢复以 1 秒为周期慢速闪烁。

在例程 exp0.c 中，请重点关注三个功能函数，分别为：

- void DelayMilliSec(uint32_t ui32DelaySecond); // 软件（使用空循环）延迟等待一定时长；当系统时钟为默认态时，参数单位约为毫秒，当系统时钟设置有改变，则实际等待时间会有相应改变
- void GPIOInit(void); // GPIO 初始化
- void PF0Flash(uint8_t ui8KeyValue); // 根据传入的按键值，决定 PF0 快闪或慢闪

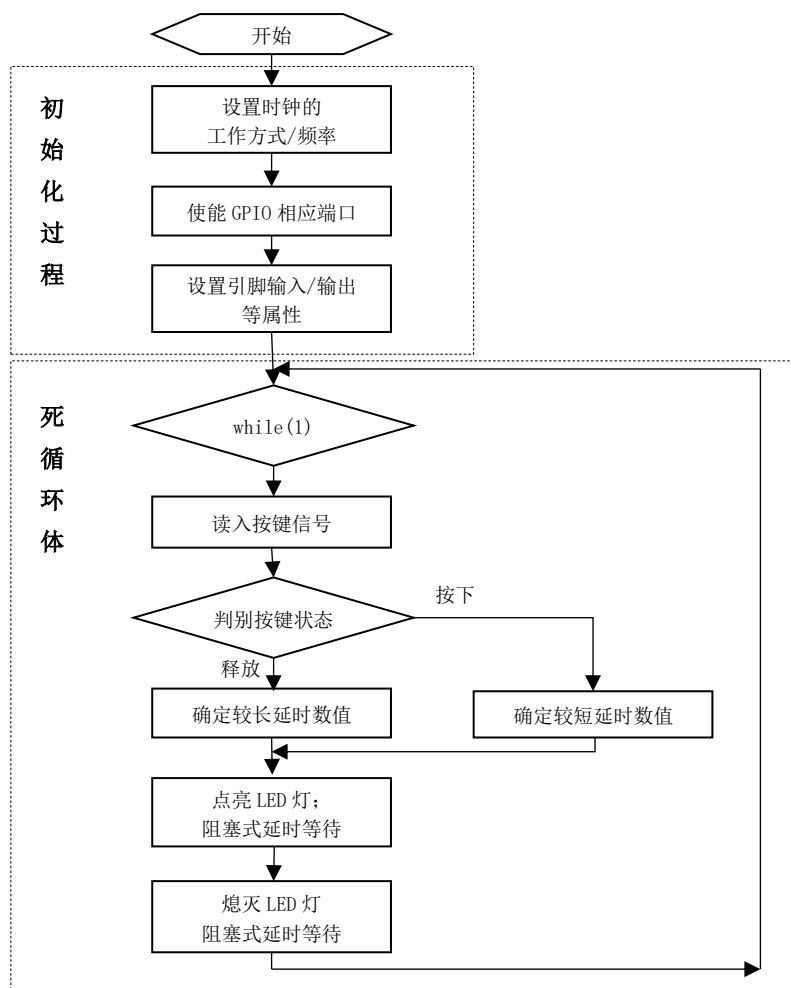


图 1-2 程序流程示意图

1.4 实验任务要求

1.4.1 实验任务 1_1

修改程序 exp0.c，同时另存命名为 exp1_1.c，完成实验任务 1_1。

实验在技术上涉及以下几个方面：

- 1) 分别使用 16M 内部精密时钟 (PIOSC)、25M 外部时钟 (MOSC) 以及 PLL 时钟，作为程控延时等待的时钟源信号，在本程序中调节 D4-PF0 闪烁频率的快慢；
- 2) 进入集成开发环境 KEIL uVision5 的 DEBUG 模式，设置断点，显示和观察时钟频率返回值，辅助验证程序功能；
- 3) 使用示波器观测 PF0 引脚的信号波形，测量该信号频率，辅助验证程序功能。

具体的实验步骤建议如下：

- 1) 修改程序逻辑，外部可见功能改为：
 - ✧ 初始时，D4-PF0 以大约 100 毫秒为周期快速闪烁；
 - ✧ 当按下 USR_SW1-PJ0，D4-PF0 以大约 1 秒为周期慢速闪烁；
 - ✧ 松开 USR_SW1-PJ0，D4-PF0 恢复以 100 毫秒为周期快速闪烁。
- 2) 根据表 1-1 之“序号 1”所在行的信息提示，正确编程修改时钟的工作方式和频率数值；
- 3) 开启 DEBUG 模式，追踪显示时钟频率数值，验证程序功能，将观测数据填写到表 1-1 中适

当位置：

- 4) 使用示波器观测 PF0 端口引脚的信号波形，测量该信号频率，验证程序功能，将观测数据填写到表 1-1 中适当位置；
- 5) 重复以上 1-3，逐项完成表 1 其余各行提示的实验内容，具体顺序可灵活调整；
- 6) 最后，修改程序实现如下外部可见功能：
 - ✧ 初始时，D4-PF0 以大约 6 秒为周期缓慢闪烁；
 - ✧ 当按下 USR_SW1-PJ0，D4-PF0 以大约 100 毫秒为周期快速闪烁；
 - ✧ 松开 USR_SW1-PJ0，D4-PF0 恢复以 6 秒为周期缓慢闪烁。

表 1-1 系统时钟频率的设定方式对 PF0 信号频率的影响

序号	外部时钟	振荡器源		系统时钟源		PLL VCO 频率		希望设定的 系统时钟 频率 (MHz)	DEBUG 观测 到的时钟频 率数值 (MHz)	USR_SW1-PJ0 为 释放状态下，示 波器观测到的 PF0 信号频率 (Hz)
	SYSCCTL_XTAL_25MHZ	MOSC(25M) SYSCCTL_OSC_MAIN	PIOSC(16M) SYSCCTL_OSC_INT	SYSCCTL_USE_PLL	SYSCCTL_USE_OSC	SYSCCTL_CFG_VCO_320	SYSCCTL_CFG_VCO_480			
1			✓		✓			16		
2			✓		✓			12		
3			✓		✓			8		
4	✓	✓			✓			25		
5	✓	✓			✓			12		
6	✓	✓			✓			1		
7	✓	✓		✓			✓	25		
8	✓	✓		✓			✓	20		
9	✓	✓		✓			✓	8		
10			✓	✓			✓	20		
11			✓	✓			✓	8		
12			✓	✓			✓	1		

1.4.2 实验任务 1_2

修改程序代码并另存命名为 exp1_2.c，完成实验任务 1_2。

外部可见功能要求如下：

- ✧ 当按下 USR_SW1-PJ0 时，点亮 D1-PN1；放开时，熄灭 D1-PN1；
- ✧ 当按下 USR_SW2-PJ1 时，点亮 D2-PN0；放开时，熄灭 D2-PN0。

1.5 实验结果的考评

课程组织现场考评，检查学习者对实验任务的完成情况。

- ✧ 对实验任务规定的外部可见功能，学习者应能熟练操作和展示；
- ✧ 学习者应能熟练掌握实验步骤中的具体操作，根据评测官现场要求（工作参数可能有别于已做内容）展示这些技能，比如编程设置系统时钟/GPIO 等、DEBUG 观测、示波器观测等。

课程还对实验报告进行评价。

1.6 拓展探究

以下为可选的探究内容，可供学习者自行设计实验，思考和研究。

- ✧ 将经过PLL后的系统时钟调整至最大值120MHz，观察人眼感受到的LED灯的工作效果，是否还能清晰辨别其存在亮-灭闪烁？就你的实验观测，人眼能较清晰辨别的LED灯亮-灭闪烁的最高频率大约为多少？
- ✧ 实验1_1最后的外部可见功能时，按下USR_SW1-PJ0，有时要经过明显迟滞，LED灯才能切换为快闪，这是为什么？（提示：后续实验将提供避免这种迟滞的技术方案）
- ✧ 实验1_1中关于表1-1的系统时钟设置操作，特意安排了几种情况，观测实际得到的时钟工作频率与希望设定的系统时钟频率无法正确对应。换言之，系统时钟频率设定取值并不能“随心所欲”。请结合MCU厂商技术资料，定性分析其中可能的原因。

1.7 实验报告要求

根据自己的实验结果记录，编写实验报告。课程提供有报告模板作为参考，其中内容允许学习者根据自己情况灵活调整。