

FPGA/CPLD开发套件实验教程

-- PER12-401 篇

实验二、PS2 接口

实验目的：

通过这个基础实验，使用户了解 FPGA/CPLD 来驱动 PS/2 接口读取键盘码基本使用方法。

实验原理：

(1) PS/2 接口原理

1. PS/2 接口标准的发展过程

随着计算机工业的发展，作为计算机最常用输入设备的键盘也日新月异。1981 年 IBM 推出了 IBM PC/XT 键盘及其接口标准。该标准定义了 83 键，采用 5 脚 DIN 连接器和简单的串行协议。实际上，第一套键盘扫描码集并没有主机到键盘的命令。为此，1984 年 IBM 推出了 IBM AT 键盘接口标准。该标准定义了 84~101 键，采用 5 脚 DIN 连接器和双向串行通讯协议，此协议依照第二套键盘扫描码集设有 8 个主机到键盘的命令。到了 1987 年，IBM 又推出了 PS/2 键盘接口标准。该标准仍旧定义了 84~101 键，但是采用 6 脚 mini-DIN 连接器，该连接器在封装上更小巧，仍然用双向串行通讯协议并且提供有可选择的第三套键盘扫描码集，同时支持 17 个主机到键盘的命令。现在，市面上的键盘都和 PS/2 及 AT 键盘兼容，只是功能不同而已。

2. PS/2 接口硬件

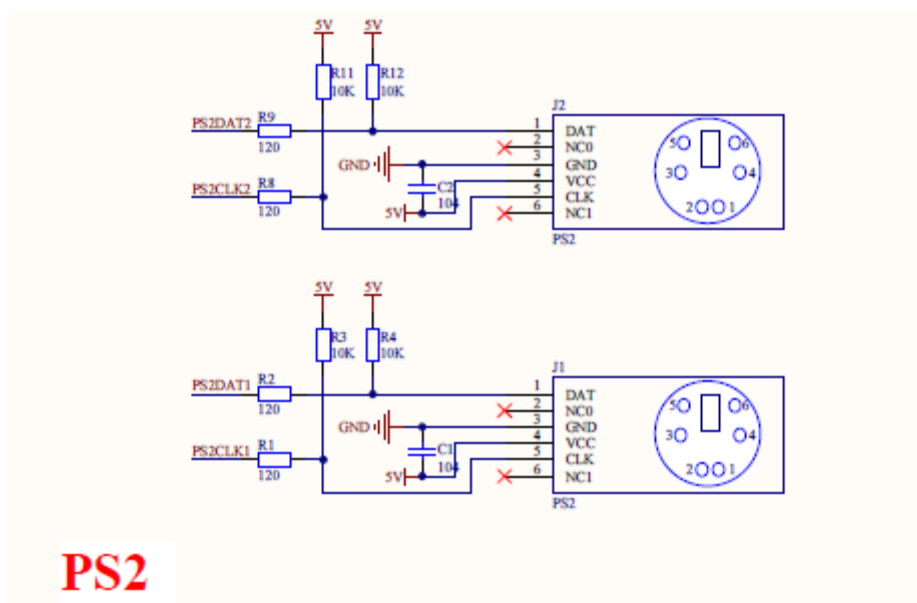
2.1 连接器

一般，具有五脚连接器的键盘称之为 AT 键盘，而具有六脚 mini-DIN 连接器的键盘则称之为 PS/2 键盘。其实这两种连接器都只有四个脚有意义。它们分别是 Clock（时钟脚）、Data 数据脚、+5V（电源脚）和 Ground（电源地）。在 PS/2 键盘与 PC 机的物理连接上只要保证这四根线——对应就可以了。PS/2 键盘靠 PS/2 端口提供+5V 电源，另外两个脚 Clock（时钟脚）和 Data 数据脚都是集电极开路的，所以必须接大阻值的上拉电阻。它们平时保持高电平，传输时才被拉到低电平，之后自动上浮到高电平。现在比较常用的连接器如下图所示。



1	DATA	Key Data
2	n/c	Not connected
3	GND	Gnd
4	VCC	Power , +5 VDC
5	CLK	Clock
6	n/c	Not connected

PERI2-4DI 板带了 2 个 PS/2 接口，其硬件连接如下图所示，其中 CLK 与 DAT 脚上拉了 10K 的电阻：



PS2

2.2 电气特性

PS/2 通讯协议是一种双向同步串行通讯协议。通讯的两端通过 Clock (时钟脚) 同步, 并通过 Data (数据脚) 交换数据。任何一方如果想抑制另外一方通讯时, 只需要把 Clock (时钟脚) 拉到低电平。如果是 PC 机和 PS/2 键盘间的通讯, 则 PS/2 机必须做主机, 也就是说, PC 机可以抑制 PS/2 键盘发送数据, 而 PS/2 键盘则不会抑制 PC 机发送数据。一般两设备间传输数据的最大时钟频率是 33KHz, 大多数 PS/2 设备工作在 10~20 KHz。推荐值在 15 KHz 左右, 也就是说, Clock (时钟脚) 高、低电平的持续时间都为 40μs。每一数据帧包含 11~12 个位, 具体含义如下表所列。

数据帧格式说明

1 个起始位	总是逻辑 0
8 个数据位 (LSB)	低位在前
1 个奇偶校验位	奇校验
1 个停止位	总是逻辑 1
1 个应答位	仅用在主机对设备的通讯中

表中, 如果数据位中 1 的个数为偶数, 校验位就为 1; 如果数据位中 1 的个数为奇数, 校验位就为 0; 总之, 数据位中 1 的个数加上校验位中 1 的个数总为奇数, 因此总进行奇校验。

2.3 PS/2 设备和 PC 机的通讯

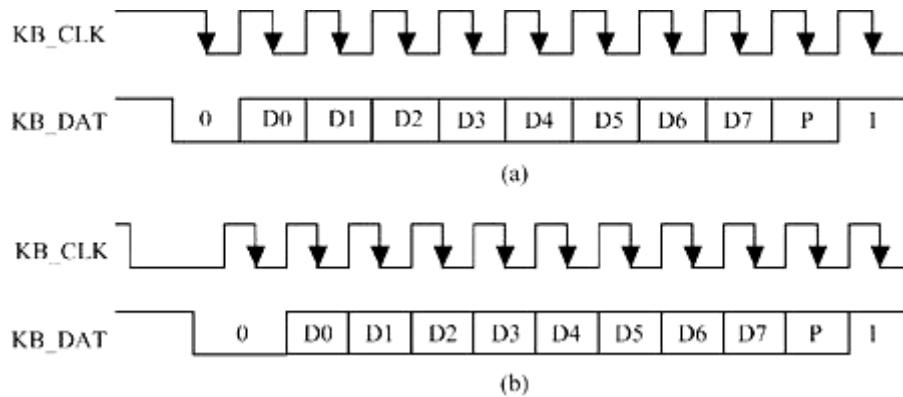
PS/2 设备的 Clock (时钟脚) 和 Data 数据脚都是集电极开路的, 平时都是高电平。当 PS/2 设备等待发送数据时, 它首先检查 Clock (时钟脚) 以确认其是否为高电平。如果是低电平, 则认为是 PC 机抑制了通讯, 此时它必须缓冲需要发送的数据直到重新获得总线的控制权(一般 PS/2 键盘有 16 个字节的缓冲区, 而 PS/2 鼠标只有一个缓冲区仅存储最后一个要发送的数据)。如果 Clock (时钟脚) 为高电平, PS/2 设备便开始将数据发送到 PC 机。一般都是由 PS/2 设备产生时钟信号。发送时一般都是按照数据帧格式顺序发送。其中数据位在 Clock (时钟脚) 为高电平时准备好, 在 Clock (时钟脚) 的下降沿被 PC 机读入。当时钟频率为 15KHz 时, 从 Clock (时钟脚) 的上升沿到数据位转变时间至少要 5μs。数据变化到 Clock (时钟脚) 下降沿的时间至少也有 5μs, 但不能大于 25μs, 这是由 PS/2 通讯协议的时序规定的。如果时钟频率是其它值, 参数的内容应稍作调整。上述讨论中传输的数据是指对特定键盘的编码或者对特定命令的编码。一般采用第二套扫描码集所规定的码值来编码。其中键盘码分为通码 (Make) 和断码 (Break)。通码是按键接通时所发送的编码, 用两位十六进制数来表示, 断码

通常是按键断开时所发送的编码，用四位十六进制数来表示。

3. PS/2 接口的嵌入式软件编程方法

PS/2 设备主要用于产生同步时钟信号和读写数据。

3.1 PS/2 向 PC 机发送一个字节



从 PS/2 向 PC 机发送一个字节可按照下面的步骤进行：

- (1) 检测时钟线电平，如果时钟线为低，则延时 $50\mu s$ ；
- (2) 检测判断时钟信号是否为高，为高，则向下执行，为低，则转到(1)；
- (3) 检测数据线是否为高，如果为高则继续执行，如果为低，则放弃发送（此时 PC 机在向 PS/2 设备发送数据，所以 PS/2 设备要转移到接收程序处接收数据）；
- (4) 延时 $20\mu s$ （如果此时正在发送起始位，则应延时 $40\mu s$ ）；
- (5) 输出起始位（0）到数据线上。这里要注意的是：在送出每一位后都要检测时钟线，以确保 PC 机没有抑制 PS/2 设备，如果有则中止发送；
- (6) 输出 8 个数据位到数据线上；
- (7) 输出校验位；
- (8) 输出停止位（1）；
- (9) 延时 $30\mu s$ （如果在发送停止位时释放时钟信号则应延时 $50\mu s$ ）；

通过以下步骤可发送单个位：

- (1) 准备数据位（将需要发送的数据位放到数据线上）；
- (2) 延时 $20\mu s$ ；
- (3) 把时钟线拉低；
- (4) 延时 $40\mu s$ ；
- (5) 释放时钟线；
- (6) 延时 $20\mu s$ 。

3.2 PS/2 设备从 PC 机接收一个字节

由于 PS/2 设备能提供串行同步时钟，因此，如果 PC 机发送数据，则 PC 机要先把时钟线和数据线置为请求发送的状态。

PC 机通过下拉时钟线大于 $100\mu\text{s}$ 来抑制通讯,并且通过下拉数据线发出请求发送数据的信号,然后释放时钟。当 PS/2 设备检测到需要接收的数据时,它会产生时钟信号并记录下面 8 个数据位和一个停止位。主机此时在时钟线变为低时准备数据到数据线,并在时钟上升沿锁存数据。而 PS/2 设备则要配合 PS/2 机才能读到准确的数据。具体连接步骤如下:

- (1) 等待时钟线为高电平;
- (2) 判断数据线是否为低,为高则错误退出,否则继续执行;
- (3) 读地址线上的数据内容,共 8 个 bit,每读完一个位,都应检测时钟线是否被 PC 机拉低,如果被拉低则要中止接收;
- (4) 读地址线上的校验位内容,1 个 bit;
- (5) 读停止位。
- (6) 如果数据线上为 0 (即还是低电平),PS/2 设备继续产生时钟,直到接收到 1 且产生出错信号为止 (因为停止位是 1,如果 PS/2 设备没有读到停止位,则表明此次传输出错);
- (7) 输出应答位;
- (8) 检测奇偶校验位,如果校验失败,则产生错误信号以表明此次传输出现错误;
- (9) 延时 $45\mu\text{s}$,以便 pc 机进行下一次传输。

读数据线的步骤如下:

- (1) 延时 $20\mu\text{s}$;
- (2) 把时钟线拉低;
- (3) 延时 $40\mu\text{s}$;
- (4) 释放时钟线;
- (5) 延时 $20\mu\text{s}$;
- (6) 读数据线。

下面的步骤可用于发出应答位:

- (1) 延时 $15\mu\text{s}$;
- (2) 把数据线拉低;
- (3) 延时 $5\mu\text{s}$;
- (4) 把时钟线拉低;
- (5) 延时 $40\mu\text{s}$;
- (6) 释放时钟线;
- (7) 延时 $5\mu\text{s}$;
- (8) 释放数据线。

4. 键盘返回值介绍:

键盘的处理器如果发现有键被按下或释放将发送扫描码的信息包到计算机。扫描码有两种不同的类型:通码和断码。当一个键被按下就发送通码,当一个键被释放就发送断码。每个按键被分配了唯一的通码和断码。这样主机通过查找唯一的扫描码就可以测定是哪个按键。每个键一整套的通断码组成了扫描码集。有三套标准的扫描码集:分别是第一套,第二套和第三套。所有现代的键盘默认使用第二套扫描码。虽然多数第二套通码都只有一个字节宽,但也有少数扩展按键的通码是两字节或四字节宽。这类的通码第一个字节总是为 E0。

正如键按下通码就被发往计算机一样,只要键一释放断码就会被发送。每个键都有它自己唯一的通码和断码。幸运的是你不用总是通过查表来找出按键的断码。在通码和断码之间存在着必然的联系。多数第二套断码有两字节长。它们的第一个字节是 F0,第二个字节是这个键的通码。扩展按键的断码通常有三个字节,它们前两个字节是 E0h, F0h, 最后一个字节是这个按键通码的最后一个字节。下面列出了几个按键的第二套通码和断码:

No.	KEY	通码(第二套)	断码(第二套)
-----	-----	---------	---------

1	"A"	1C	F0 1C
2	"5"	2E	F0 2E
3	"F10"	09	F0 09
4	Right Arrow	E0 74	E0 F0 74
5	Right "Ctrl"	E0 14	E0 F0 14

一个键盘发送值的例子:

通码和断码是以什么样的序列发送到你的计算机从而使得字符 G 出现在你的字处理软件里的呢? 因为这是一个大写字母, 需要发生这样的事件次序: 按下 Shift 键-按下 G 键-释放 G 键-释放 Shift 键。与这些时间相关的扫描码如下:

Shift 键的通码 12h ,

G 键的通码 34h ,

G 键的断码 F0h 34h ,

Shift 键的断码 F0h 12h 。

因此发送到你的计算机的数据应该是:

12h 34h F0h 34h F0h 12h

5.第二套扫描码

101 102 和 104 键的键盘:

KEY	通码	断码	KEY	通码	断码	KEY	通码	断码
A	1C	F0 1C	9	46	F0 46	[54	F0 54
B	32	F0 32	`	0E	F0 0E	INSERT	E0 70	E0 F0 70
C	21	F0 21	-	4E	F0 4E	HOME	E0 6C	E0 F0 6C
D	23	F0 23	=	55	F0 55	PG UP	E0 7D	E0 F0 7D
E	24	F0 24	\	5D	F0 5D	DELETE	E0 71	E0 F0 71
F	2B	F0 2B	BKSP	66	F0 66	END	E0 69	E0 F0 69
G	34	F0 34	SPACE	29	F0 29	PG DN	E0 7A	E0 F0 7A
H	33	F0 33	TAB	0D	F0 0D	U ARROW	E0 75	E0 F0 75
I	43	F0 43	CAPS	58	F0 58	L ARROW	E0 6B	E0 F0 6B
J	3B	F0 3B	L SHFT	12	F0 12	D ARROW	E0 72	E0 F0 72
K	42	F0 42	L CTRL	14	F0 14	R ARROW	E0 74	E0 F0 74
L	4B	F0 4B	L GUI	E0 1F	E0 F0 1F	NUM	77	F0 77
M	3A	F0 3A	L ALT	11	F0 11	KP /	E0 4A	E0 F0 4A
N	31	F0 31	R SHFT	59	F0 59	KP *	7C	F0 7C
O	44	F0 44	R CTRL	E0 14	E0 F0 14	KP -	7B	F0 7B
P	4D	F0 4D	R GUI	E0 27	E0 F0 27	KP +	79	F0 79
Q	15	F0 15	R ALT	E0 11	E0 F0 11	KP EN	E0 5A	E0 F0 5A
R	2D	F0 2D	APPS	E0 2F	E0 F0 2F	KP	71	F0 71
S	1B	F0 1B	ENTER	5A	F0 5A	KP 0	70	F0 70
T	2C	F0 2C	ESC	76	F0 76	KP 1	69	F0 69
U	3C	F0 3C	F1	05	F0 05	KP 2	72	F0 72

V	2A	F0 2A	F2	06	F0 06	KP 3	7A	F0 7A
W	1D	F0 1D	F3	04	F0 04	KP 4	6B	F0 6B
X	22	F0 22	F4	0C	F0 0C	KP 5	73	F0 73
Y	35	F0 35	F5	03	F0 03	KP 6	74	F0 74
Z	1A	F0 1A	F6	0B	F0 0B	KP 7	6C	F0 6C
0	45	F0 45	F7	83	F0 83	KP 8	75	F0 75
1	16	F0 16	F8	0A	F0 0A	KP 9	7D	F0 7D
2	1E	F0 1E	F9	01	F0 01]	58	F0 58
3	26	F0 26	F10	09	F0 09	;	4C	F0 4C
4	25	F0 25	F11	78	F0 78	'	52	F0 52
5	2E	F0 2E	F12	07	F0 07	,	41	F0 41
6	36	F0 36	PRNT SCRN	E0 12 E0 7C	E0 F0 7C E0 F0 12	.	49	F0 49
7	3D	F0 3D	SCROLL	7E	F0,7E	/	4A	F0 4A
8	3E	F0 3E	PAUSE	E1 14 77 E1 F0 14 F0 77	-NONE-			

ACPI 扫描码:

KEY	通码	断码
Power	E0, 37	E0, F0, 37
Sleep	E0, 3F	E0, F0, 3F
Wake	E0, 5E	E0, F0, 5E

Windows 多媒体扫描码:

KEY	通码	断码
Next Track	E0, 4D	E0, F0, 4D
Previous Track	E0, 15	E0, F0, 15
Stop	E0, 3B	E0, F0, 3B
Play/Pause	E0, 34	E0, F0, 34
Mute	E0, 23	E0, F0, 23
Volume Up	E0, 32	E0, F0, 32
Volume Down	E0, 21	E0, F0, 21
Media Select	E0, 50	E0, F0, 50
E-Mail	E0, 48	E0, F0, 48
Calculator	E0, 2B	E0, F0, 2b
My Computer	E0, 40	E0, F0, 40
WWW Search	E0, 10	E0, F0, 10
WWW Home	E0, 3A	E0, F0, 3a
WWW Back	E0, 38	E0, F0, 38
WWW Forward	E0, 30	E0, F0, 20
WWW Stop	E0, 28	E0, F0, 28

WWW Refresh	E0, 20	E0, F0, 20
WWW Favorites	E0, 18	E0, F0, 18

实验结果：

此实验需要配合 PERI1-8KD 外设板共同完成，PS/2 键盘插在 PERI2-4DI 的 PS2-J1 口，当键盘按下键后，PERI1-8KD 的数码管上显示对应的按键扫描码。



具体实现：

程序实现了 FPGA/CPLD 接收 PS/2 键盘发送的键盘码，并显示在数码管。当 PS/2 的时钟线拉低，表示有数据送来，此时将数据一位一位地移到移位寄存器中，接收完一帧数据后，从其数据帧中提取出键盘码信息，送给数码管显示出来，详细实现参加程序代码与注释。

实验总结：

通过以上的讲解，相信各位已经掌握了FPGA使用HDL语言实现读取PS/2键盘信息的方法了吧，这下又多了一个人机交互的输入设备咯。

课后作业：

使用FPGA/CPLD接收PS/2键盘码后，通过串口发送到计算机。