



清华大学
Tsinghua University

THCO MIPS指令计算机 系统设计和实现

Project 4 & 5

刘卫东

计算机科学与技术系

内容提要



- ✚我们要做什么？
- ✚我们已经有了什么？
- ✚我们可以怎样去做？
- ✚我们还能做什么？
- ✚我们最后要交什么？
- ✚具体时间安排

我们要做什么？



清华大学
Tsinghua University

奋战三星期 做台计算机

我们要做什么？



✿ 实验任务

- ✿ 多周期CPU或支持指令流水的CPU（二选一）
- ✿ 使用基本存储和扩展存储以及输入/输出
- ✿ 进行扩展

✿ 实验目标

- ✿ 能运行监控程序,并在监控程序中运行PROJECT 1的程序
- ✿ 能运行Ucore, 并在Ucore下运行应用程序
- ✿ 有可供演示的应用程序

我们已经有了什么？



THINPAD 硬件平台

- ❑ FPGA CPU
- ❑ RAM Memory
- ❑ FLASH Memory
- ❑ UART/USB/PS2/VGA/

THCO MIPS 指令系统

监控程序等辅助软件

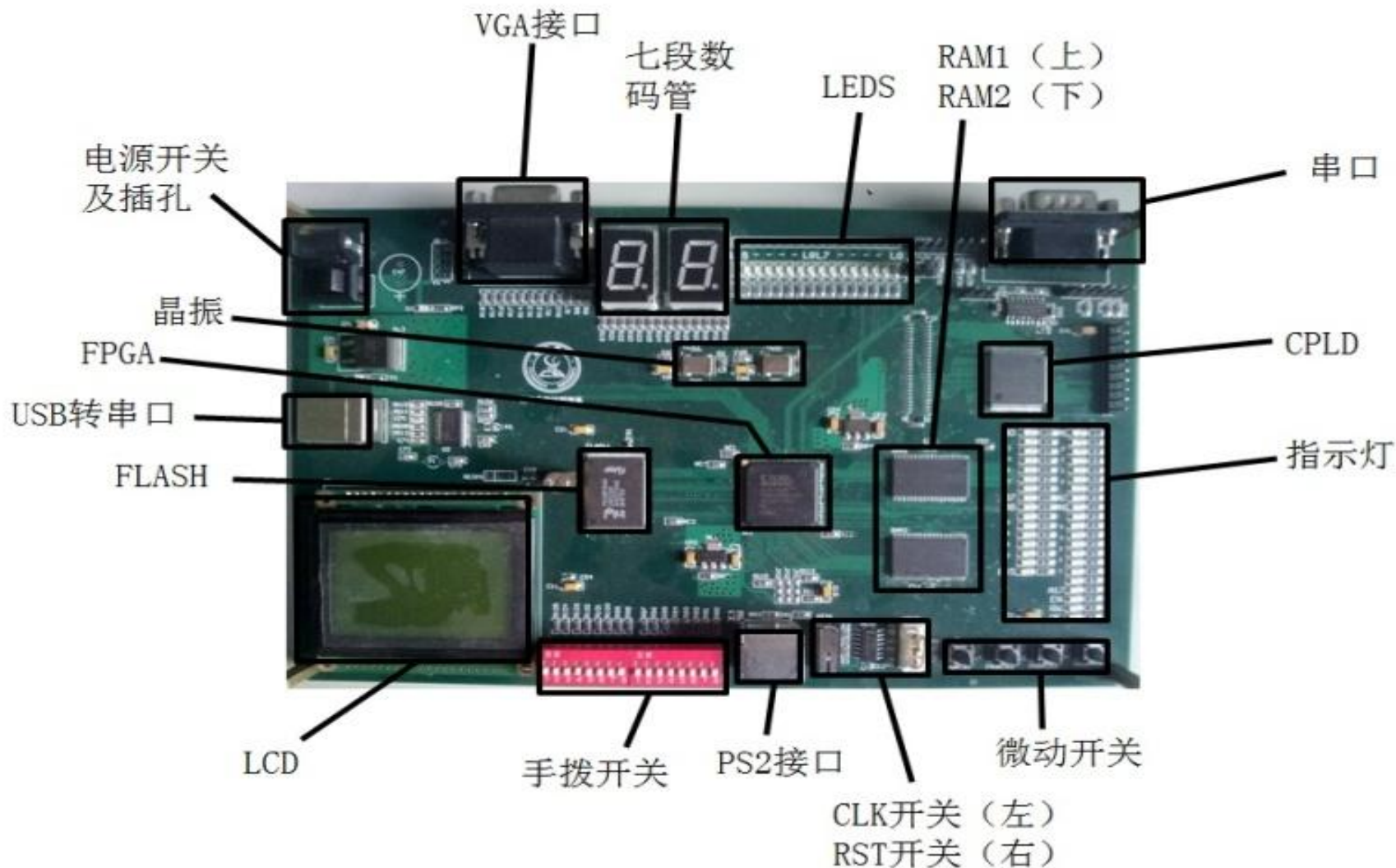
Project1 & Project2 & Project3

教材和实验指导书

教学计算机硬件平台



清华大学
Tsinghua University



教学机硬件基本组成



✚ CPU

- ✚ FPGA

✚ Memory

- ✚ 基本: 256KW SRAM

- ✚ 扩展: 256KW SRAM

✚ Bus

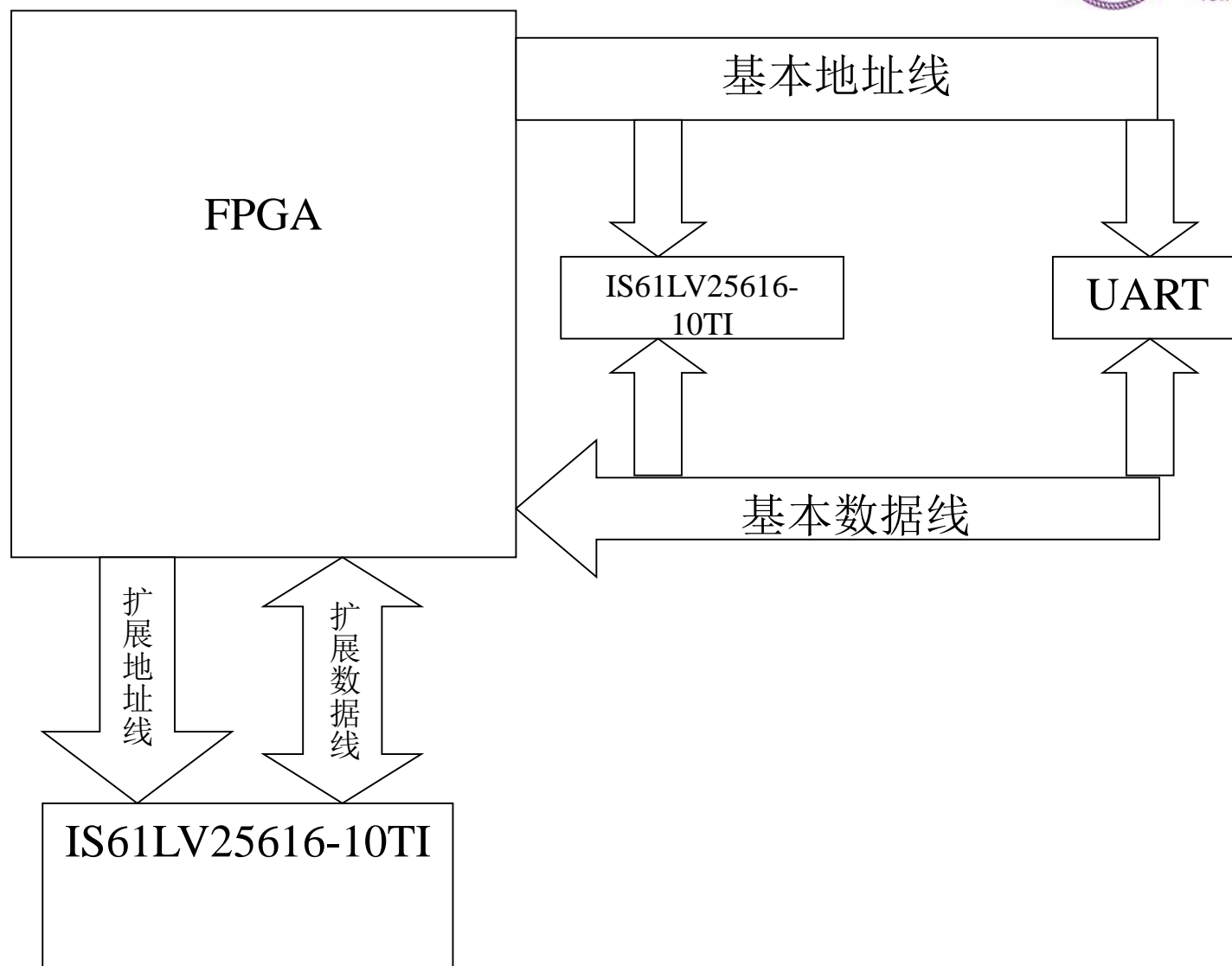
- ✚ 基本: 数据16bits/地址18bits/控制 3bits

- ✚ 扩展: 数据16bits /地址18bits /控制3bits

✚ Device

- ✚ UART

结构



✿ Xilinx公司的SPARTAN-3E系列芯片

✿ 型号：XC3S1200EFGG320

▣ 120万门容量

▣ 2168个CLB

▣ 504Kb的RAM块

▣ 320脚的FBGA封装形式

FPGA管脚



- ⊕ 连接基本存储
 - ⊠ 地址18位
 - ⊠ 数据16位
- ⊕ 连接扩展存储
 - ⊠ 地址18位
 - ⊠ 数据16位
- ⊕ 总线控制信号
 - ⊠ 各3位
- ⊕ 指示灯
- ⊕ FLASH
- ⊕ PS2
- ⊕ VGA
- ⊕ 具体见实验指导书

CPU功能



数据通路

.....

控制器

.....

框架结构

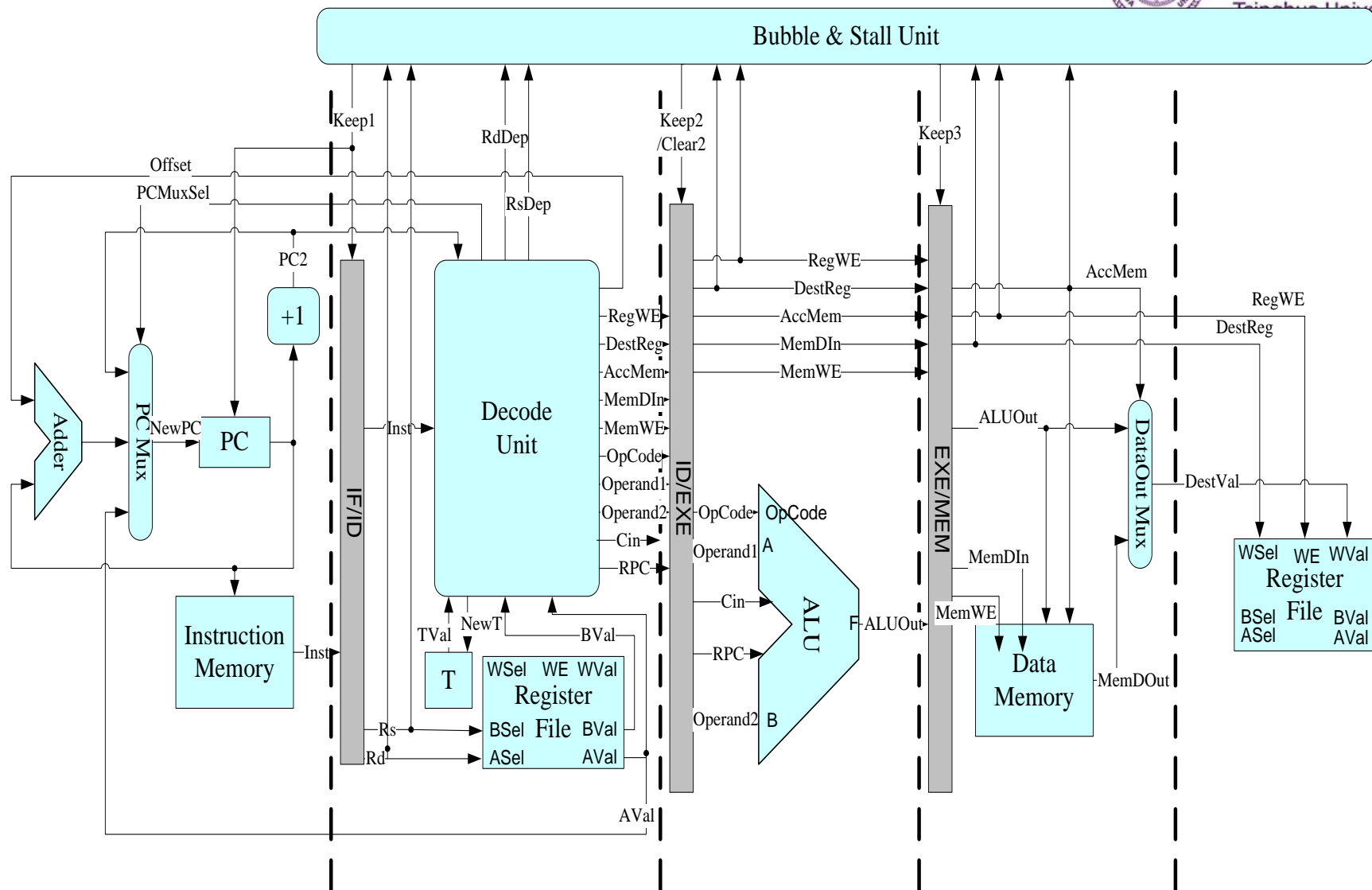
ALU

Register Files

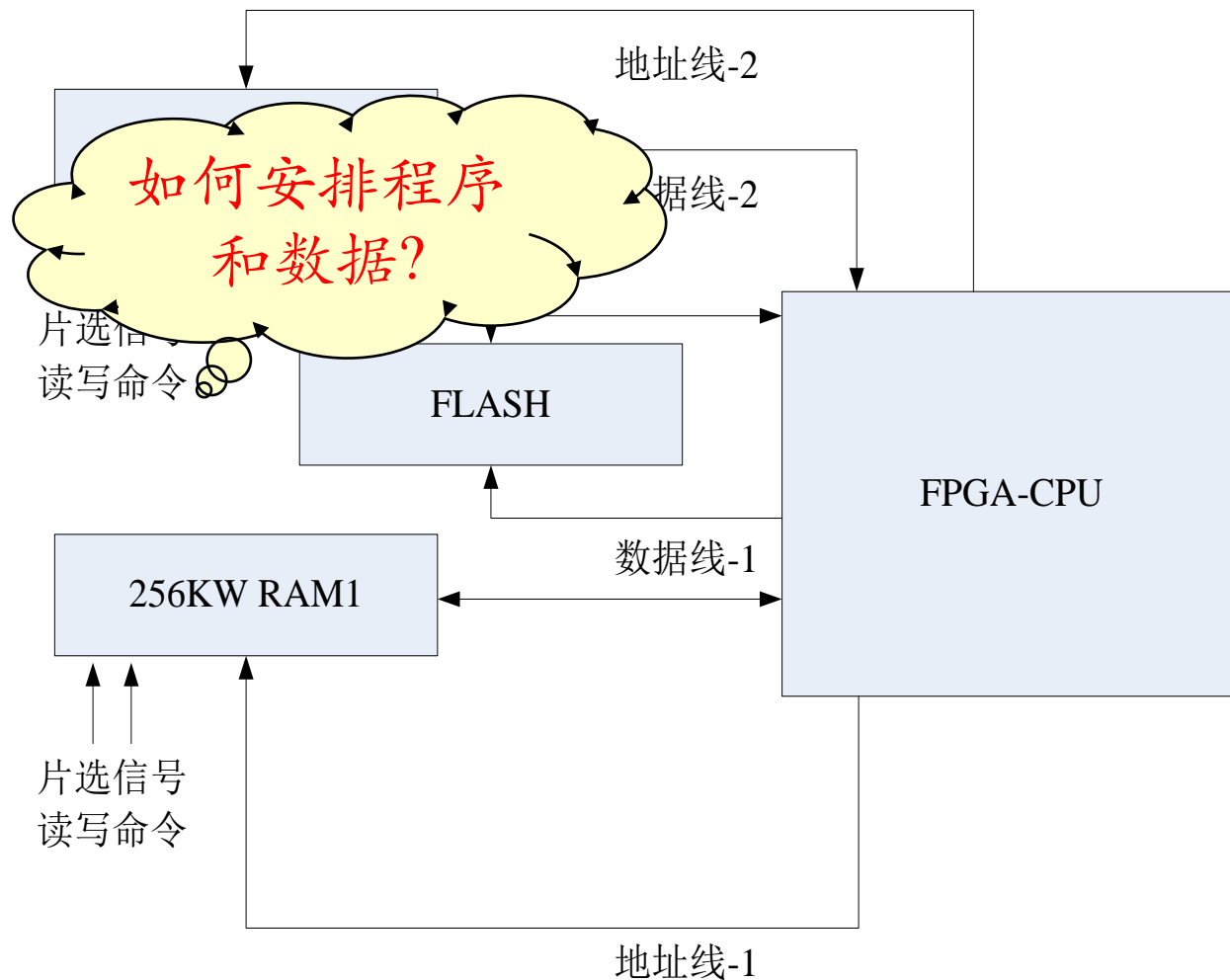
MEM Interface

Decoder

框架结构



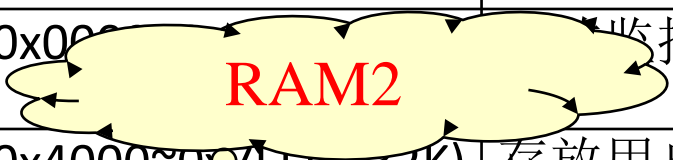
THINPAD存储器



监控程序划分的地址段



功能区	地址段	说明
系统程序区	0x0000~0x3FFF	监控程序
用户程序区	0x4000~0x7FFF (32K)	存放用户程序
系统数据区	0x8000~0xBEFF	监控程序使用的数据区
Com1数据端口/命令端口	0xBF00~0xBF01	第1个串口的端口
Com2数据端口/命令端口	0xBF02~0xBF03	第2个串口的端口
预留给其他接口	0xBF04~0xBF0F	保留
系统堆栈区	0xBF10~0xBFFF	用于系统堆栈
用户数据区	0xC000~0xFFFF	用户程序使用的数据区



程序如何装入？



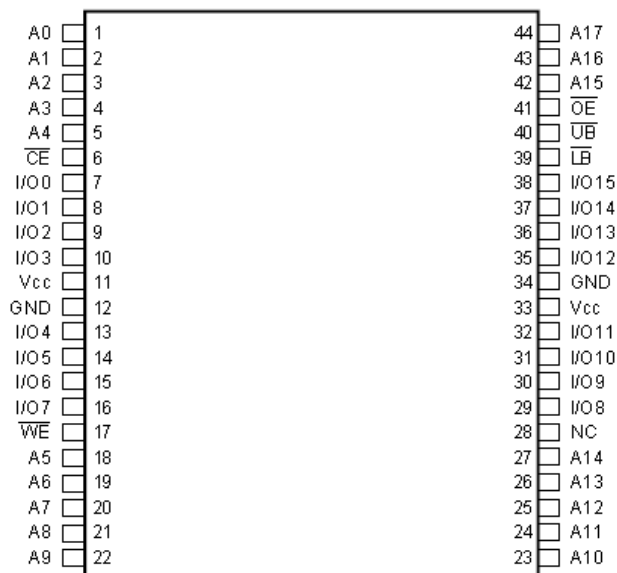
❁ 程序装入到FLASH中

- ❑ 采用提供的软件装入
- ❑ CPU首先将其boot到RAM1中
- ❑ 再从RAM1中运行

❁ 程序直接装入到RAM1中

- ❑ 直接用软件装入到RAM1中

内存访问



控制信号

 /CE、/WE、/OE

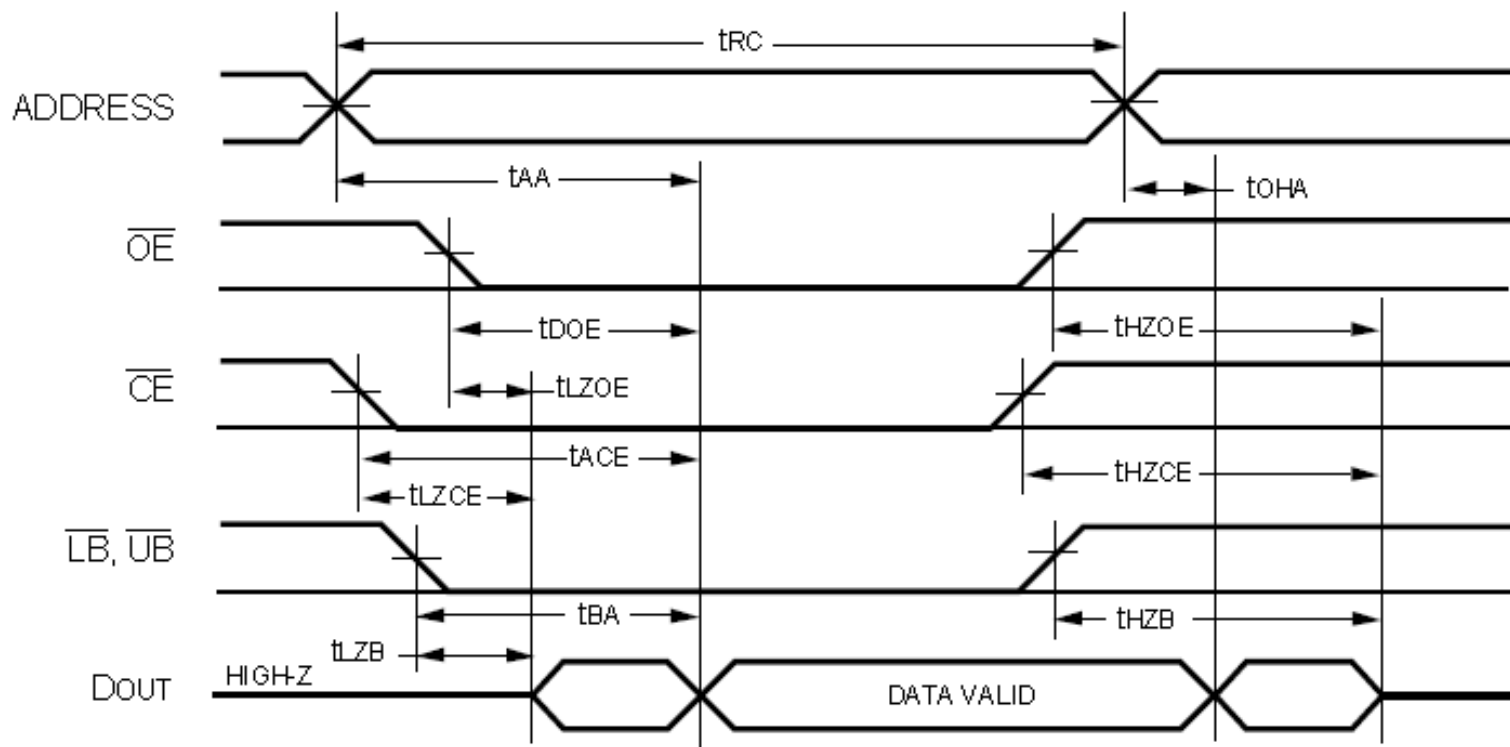
访问时序

 如何保证?

TRUTH TABLE

Mode	\overline{WE}	\overline{CE}	\overline{OE}	\overline{LB}	\overline{UB}	I/O PIN		Vcc Current
						I/O0-I/O7	I/O8-I/O15	
Not Selected	X	H	X	X	X	High-Z	High-Z	IsB1, IsB2
Output Disabled	H	L	H	X	X	High-Z	High-Z	Icc
	X	L	X	H	H	High-Z	High-Z	
Read	H	L	L	L	H	DOUT	High-Z	Icc
	H	L	L	H	L	High-Z	DOUT	
	H	L	L	L	L	DOUT	DOUT	
Write	L	L	X	L	H	DIN	High-Z	Icc
	L	L	X	H	L	High-Z	DIN	
	L	L	X	L	L	DIN	DIN	

内存读时序



内存读参数



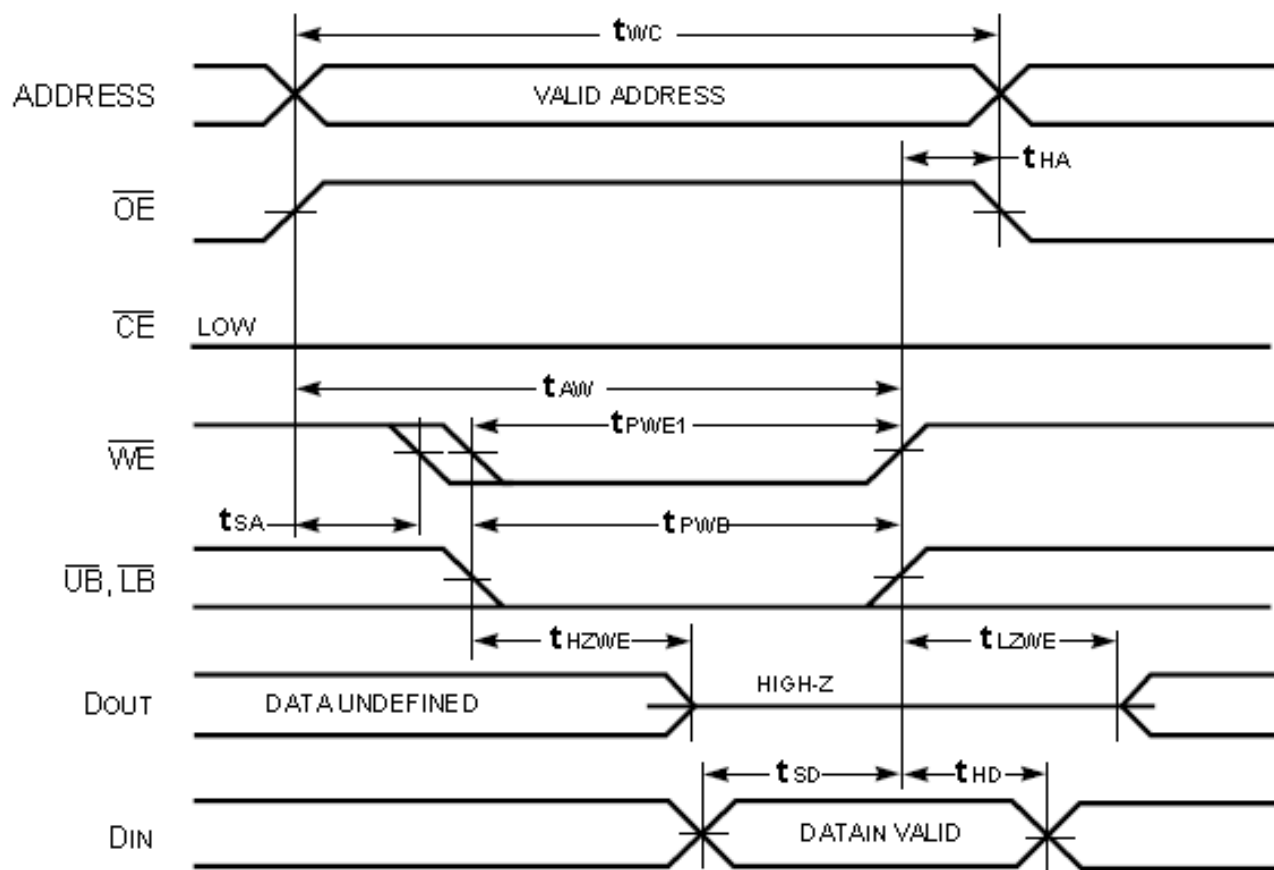
READ CYCLE SWITCHING CHARACTERISTICS⁽¹⁾ (Over Operating Range)

Symbol	Parameter	-8		-10		-12		-15		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{RC}	Read Cycle Time	8	—	10	—	12	—	15	—	ns
t _{AA}	Address Access Time	—	8	—	10	—	12	—	15	ns
t _{OH}	Output Hold Time	3	—	3	—	3	—	3	—	ns
t _{ACE}	$\overline{\text{CE}}$ Access Time	—	8	—	10	—	12	—	15	ns
t _{DOE}	$\overline{\text{OE}}$ Access Time	—	4	—	5	—	6	—	7	ns
t _{HZOE} ⁽²⁾	$\overline{\text{OE}}$ to High-Z Output	0	4	—	5	—	6	0	6	ns
t _{LZOE} ⁽²⁾	$\overline{\text{OE}}$ to Low-Z Output	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{HZCE} ⁽²⁾	$\overline{\text{CE}}$ to High-Z Output	0	4	0	5	0	6	0	6	ns
t _{LZCE} ⁽²⁾	$\overline{\text{CE}}$ to Low-Z Output	3	—	3	—	3	—	3	—	ns
t _{BA}	$\overline{\text{LB}}, \overline{\text{UB}}$ Access Time	—	4	—	5	—	6	—	7	ns
t _{HZB}	$\overline{\text{LB}}, \overline{\text{UB}}$ to High-Z Output	0	4	0	5	0	6	0	6	ns
t _{LZB}	$\overline{\text{LB}}, \overline{\text{UB}}$ to Low-Z Output	0	—	0	—	0	—	0	—	ns

内存写时序



WRITE CYCLE NO. 2 (\overline{WE} Controlled. \overline{OE} is HIGH During Write Cycle) ^(1,2)



内存写参数



WRITE CYCLE SWITCHING CHARACTERISTICS^(1,3) (Over Operating Range)

Symbol	Parameter	-8		-10		-12		-15		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{wc}	Write Cycle Time	8	—	10	—	12	—	15	—	ns
t _{sce}	$\overline{\text{CE}}$ to Write End	7	—	8	—	9	—	10	—	ns
t _{aw}	Address Setup Time to Write End	7	—	8	—	9	—	10	—	ns
t _{ha}	Address Hold from Write End	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{sa}	Address Setup Time	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{pwb}	$\overline{\text{LB}}$, $\overline{\text{UB}}$ Valid to End of Write	7	—	8	—	9	—	10	—	ns
t _{pwe}	$\overline{\text{WE}}$ Pulse Width	7	—	8	—	9	—	10	—	ns
t _{sd}	Data Setup to Write End	4.5	—	5	—	6	—	7	—	ns
t _{hd}	Data Hold from Write End	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{hwe} ⁽²⁾	$\overline{\text{WE}}$ LOW to High-Z Output	—	4	—	5	—	6	—	7	ns
t _{lw} ⁽³⁾	$\overline{\text{WE}}$ HIGH to Low-Z Output	3	—	3	—	3	—	3	—	ns

如何确定CPU主频?



- ❖ 流水线要求每个机器周期完成一个步骤，包括存储器读/写
- ❖ 多周期CPU也大都要求在一个步骤内完成存储器的一次访问
- ❖ 完成一次存储访问的时间?
- ❖ 如何实现? 50MHz

串行接口芯片8251



串行接口，可用于同步或异步传送

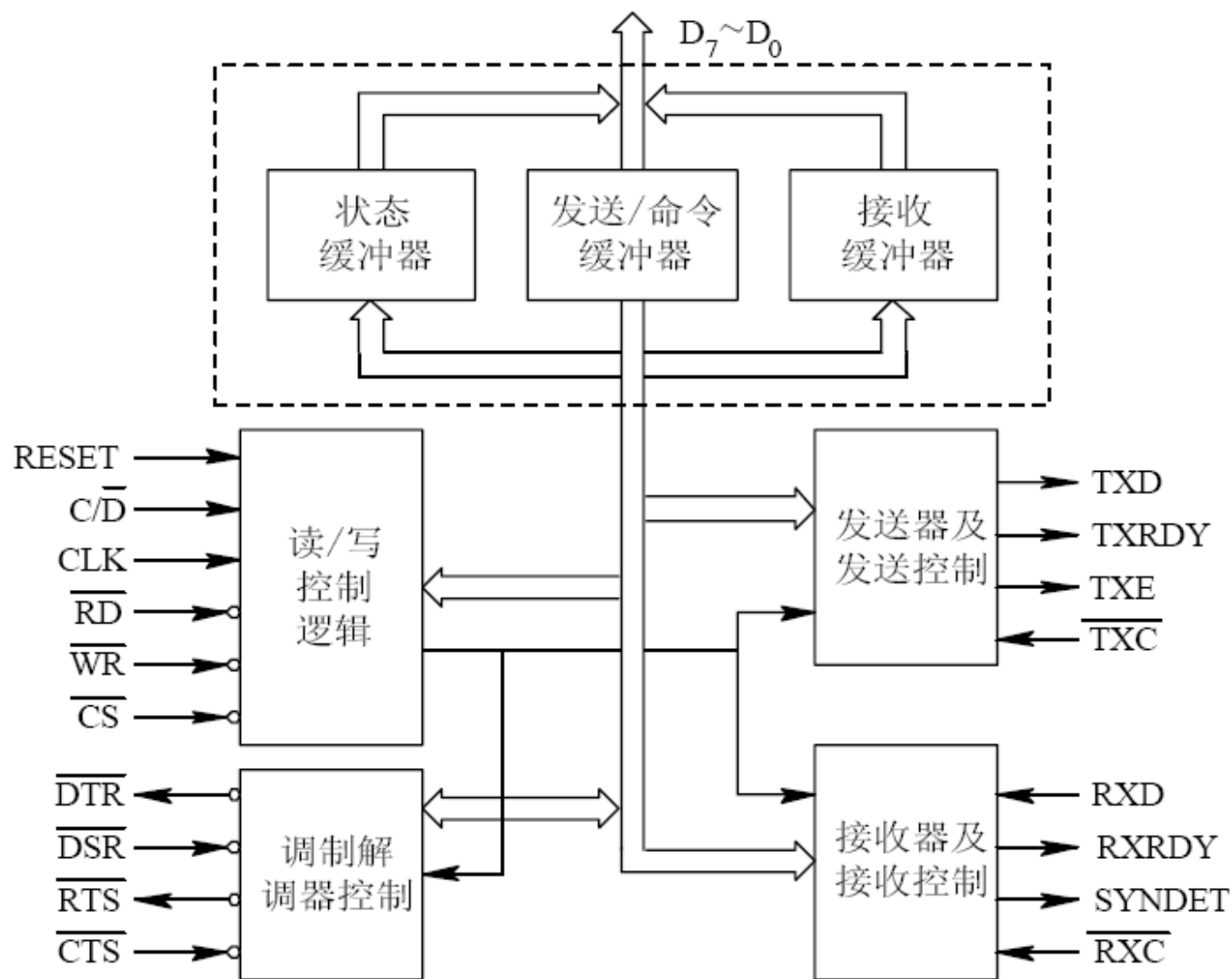
同步传送

- 5~8位/字
- 支持内同步或外同步
- 自动插入同步字符

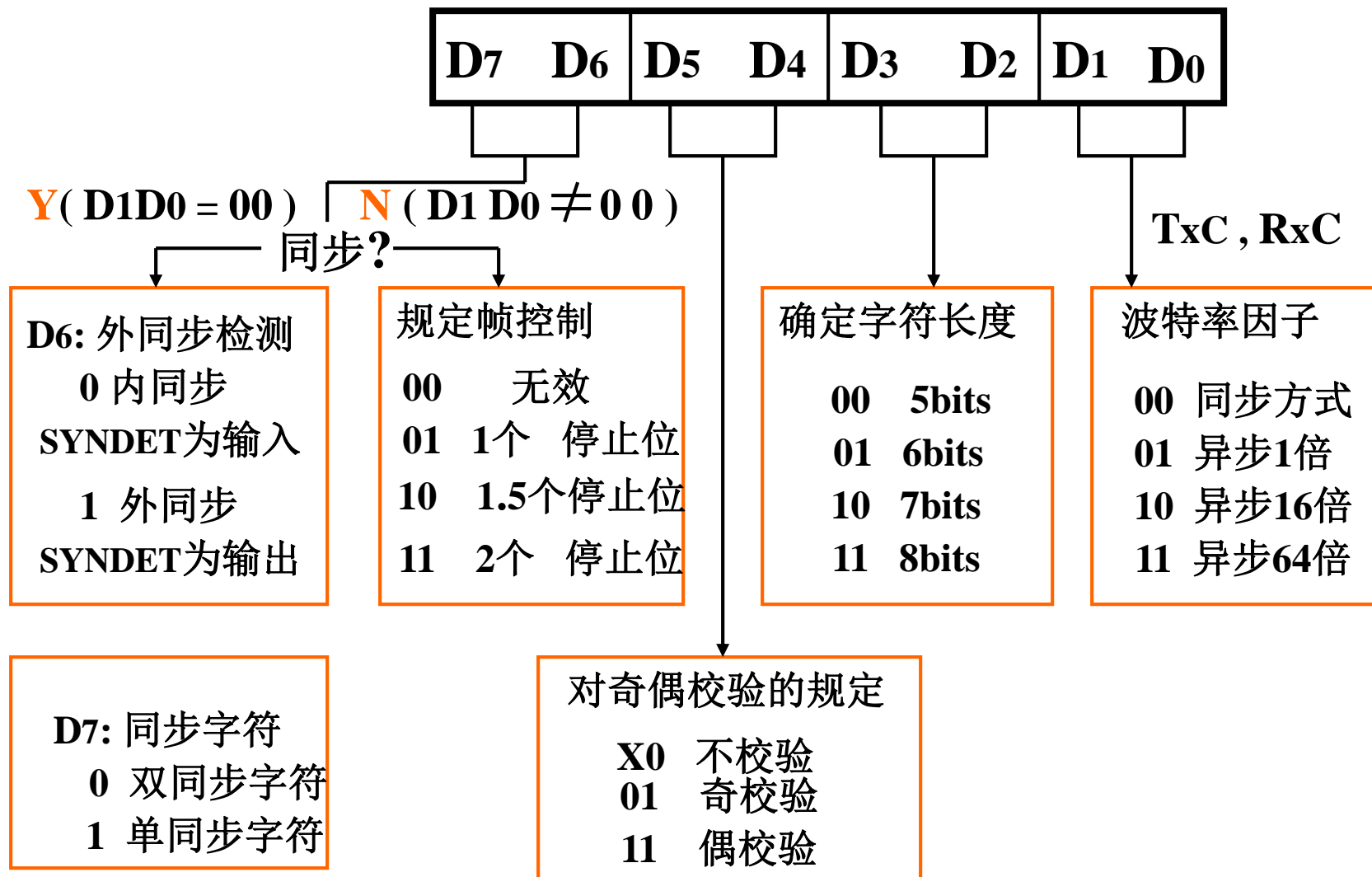
异步传送

- 5~8位/字
- 时钟：1、16或64倍波特率
- 停止位：1、1.5或2位
- 可检测假启动
- 全双工
- 双缓冲发送器和接受器
- 可检测奇偶错、数据丢失错和帧错

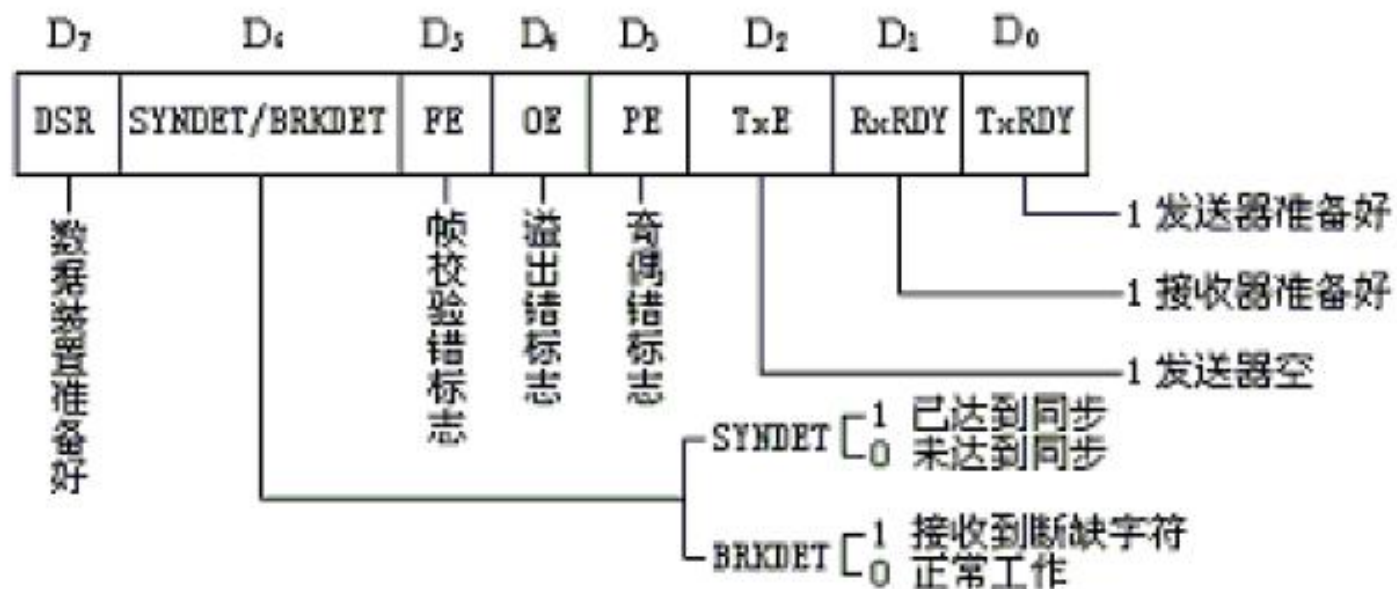
8251结构框图



方式命令字的格式



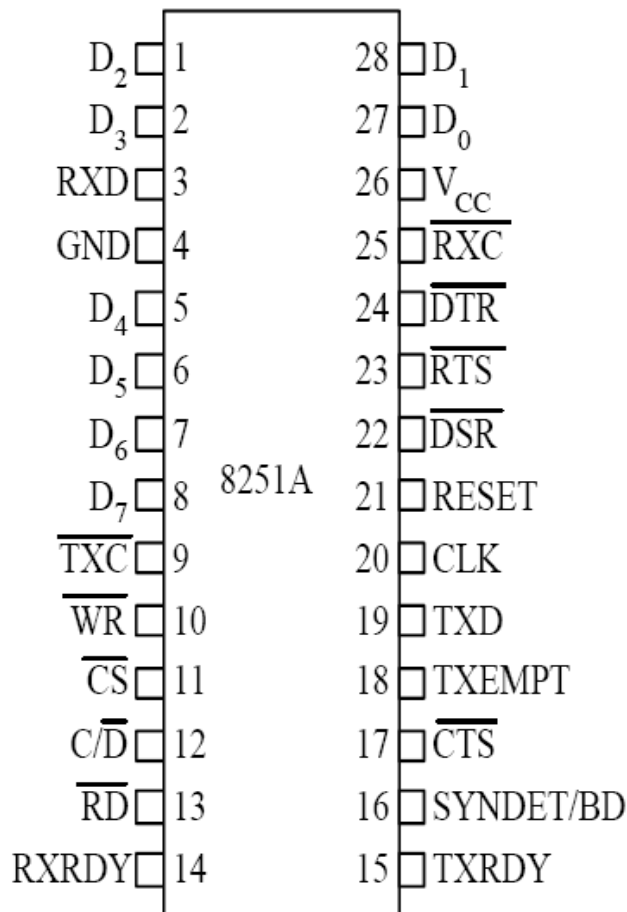
接口状态寄存器的内容格式



INTEL 8251 串行接口芯片



清华大学
Tsinghua University



器件引脚图

D7~D0 : I/O数据

CLK: 主时钟

/RxC,RxD: 接收时钟、数据

/TxC,TxD: 发送时钟、数据

/CS: 片选信号

/WR、/RD: 写、读命令

C/ \overline{D} : 控制 / 数据信号

RESET: 总清信号

RxRDY: 接收准备就绪

TxRDY: 发送准备就绪

TxEMPTY: 发送寄存器空

/DTR、/DSR:

/RTS、/CTS:

工作命令字的格式



D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
EH	IR	RTS	ER	SBBK	RxE	DTR	TxE _N

接口状态寄存器的内容格式

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DSR	SYNDET	FE	OE	PE	TxE	RxRDY	TxRDY

TEC-2000 机串行口初始化的程序



```
MVRD R0, 4Eh
```

```
OUT 81h
```

```
MVRD R0, 37h
```

```
OUT 81h
```

方式设置: 0 1 0 0 1 1 1 0

1个停止位

无奇偶校验

16*波特率

字符为 8 bits

命令设置: 0 0 1 1 0 1 1 1

不用

请求发送

错误标志复位

不用

允许接收

数据终端准备好

允许发送

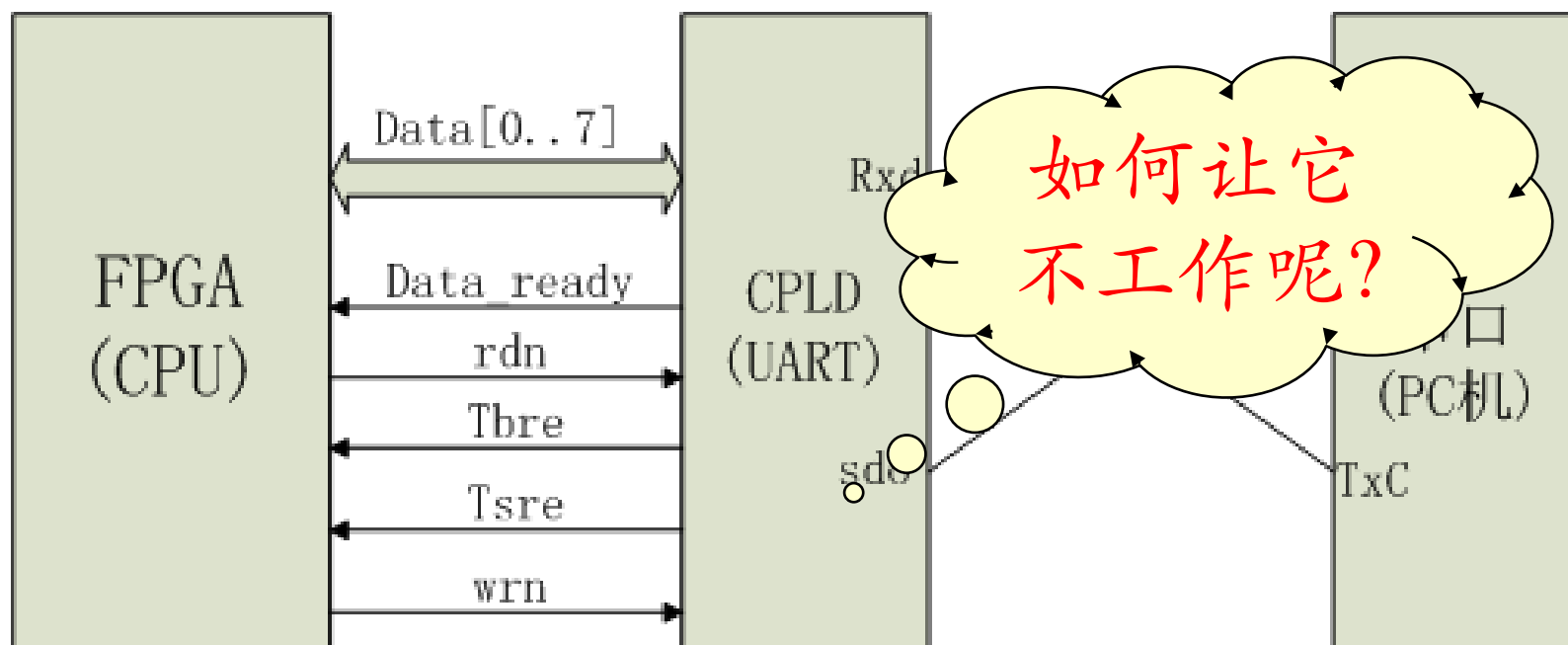
对 OUT 指令而言,

81h、91h 为控制寄存器地址;

对 IN 指令而言,

81h、91h 为状态寄存器地址;

THINPAD串口连接方式



- ✿ rdn、Wrn控制读/写
- ✿ 读操作时，Data_ready为1时，数据已经准备好
- ✿ 写操作时，Tbre且Tsre为1时，可进行写操作

监控程序中的写操作



TESTW:

NOP	MFPC R7
LI R6 0x00BF	ADDIU R7 0x0003
SLL R6 R6 0x0000	NOP
ADDIU R6 0x0001	B TESTW
LW R6 R0 0x0000	LI R6 0x00BF
LI R6 0x0001	SLL R6 R6 0x0000
AND R0 R6	LI R0 0x000A
BEQZ R0 TESTW	SW R6 R0 0x0000
;BF01&1=0 则等待	NOP
NOP	
JR R7	
NOP	

- 将BF01定向到UART
- 读BF01时，UART应该返回一个状态值
- 最低1位反映UART是否可写
- 若可写，则往BF00中写入字符

监控程序中的读操作



TESTR:

NOP

LI R6 0x00BF

SLL R6 R6 0x0000

ADDIU R6 0x0001

LW R6 R0 0x0000

LI R6 0x0002

AND R0 R6

BEQZ R0 TESTR

;BF01&2=0 则等待

NOP

JR R7

NOP

MFPC R7

ADDIU R7 0x0002

B TESTR

NOP

LI R6 0x00BF

SLL R6 R6 0x0000

LW R6 R5 0x0000

LI R6 0x00FF

AND R5 R6

NOP

- 将BF01定向到UART
- 读BF01时，UART应该返回一个状态值
- 次低1位反映UART是否可读
- 若可读，则从BF00中读入字符

对存储/外设的控制信号



✚ 信号源

- ✚ RAM1_EN、RAM1_OE、RAM1_RW

- ✚ RAM2_EN、RAM2_OE、RAM2_RW

✚ 对存储器的控制信号

- ✚ /CE /OE /WE

✚ 对串口UART的控制信号

- ✚ Rdn、Wrn

- ✚ Data_ready、tbre、tsre

已有的基础



- 🔧 监控程序

- 🔧 THCO MIPS指令系统

 - 🔧 Project1

 - 🔧 思考和实践

- 🔧 ALU及数据通路

 - 🔧 Project2、思考和实践

- 🔧 串口、存储访问

 - 🔧 Project3

基本步骤



确定目标

- 多周期/流水、扩展方案、展示方案
- 工作计划
- 组内分工

概要设计

- 数据通路设计：每条指令在数据通路上的实现过程
- 指令流程表：每条指令每个步骤所完成的功能
- 流水段设计
- 控制信号设计
- 模块设计（各模块基本功能和接口）

详细设计

- 各模块编码实现

编码实现

模拟分析

硬件调试

总结报告

我们还能做什么？



硬件

- ❑ 对流水线进行完善
 - ◆ 结构冲突、数据冲突、控制冲突
- ❑ 中断
- ❑ 分时操作
- ❑ 双机通信

软件

- ❑ 监控程序的完善
- ❑ 有创意的应用
- ❑ 性能分析和评价

时间安排



❖ 截止时间

- ❖ 实验检查：12月4日
- ❖ 实验报告：12月11日
- ❖ 实验答辩：12月22日

❖ 阶段检查

- ❖ 11月13日：确定目标和数据通路设计
- ❖ 11月17日：控制器设计
- ❖ 11月20日：初步代码

❖ 实验室开放及助教

- ❖ 工作日白天全时，晚上和周末预约
- ❖ 开放时间有助教辅导

实验成果



完整的实验报告

- ❑ 实验目标
- ❑ 实验内容
- ❑ 实验展示
- ❑ 实验心得体会

完整的源代码

- ❑ 设计框图
- ❑ 指令流程表
- ❑ VHDL代码
- ❑ 其他代码

下面三堂课的教学安排



- ✿ 分班上实验课，上课时间不变
- ✿ 上课地点变更为（以分组名单中的班号为准）
 - ✦ 计31： 五教 5101
 - ✦ 计32： 东主楼 9区422(注:11月13日与计31合上)
 - ✦ 计33： 东主楼 9区223 (注:11月13日与计35合上)
 - ✦ 计34： 东主楼 9区224
 - ✦ 计35： 东主楼 9区225
- ✿ 要求
 - ✦ 按时上课，课前签到，出勤情况将影响实验成绩
 - ✦ 按时完成实验任务
 - ✦ 挑战小组和联合小组自行安排

✚ 分析THCO MIPS指令系统

▣ 指令格式

◆ 操作码、操作数地址

▣ 寻址方式

◆ 寄存器寻址、立即数寻址、基址寻址

✚ 设计数据通路

✚ 划分指令执行步骤

◆ 多周期/指令流水