

# 11124 NF&P24

**Microchip**下一代

低引脚数**8/16**位单片机的新特性

**PIC24F**低引脚数系列的新特性

# 课程目标

- 描述**Microchip**提供的下一代低引脚数单片机
- 描述下一代低引脚数单片机的新电气、架构和外设特性
- 提供使用**PIC18F45K20**器件的实际应用示例
- 熟悉外设引脚选择（**PPS**）特性
- 了解**PIC24F**低引脚数器件的新节能功能

# 课程安排

- 工艺技术的影响
- “K”系列模拟特性
- “K”系列数字特性
- “K”系列低功耗特性
- 器件系列
- 开发工具
- 外设引脚选择
  - 定义
  - 它的作用
  - 工作原理
  - 演示
- 新的节能特性

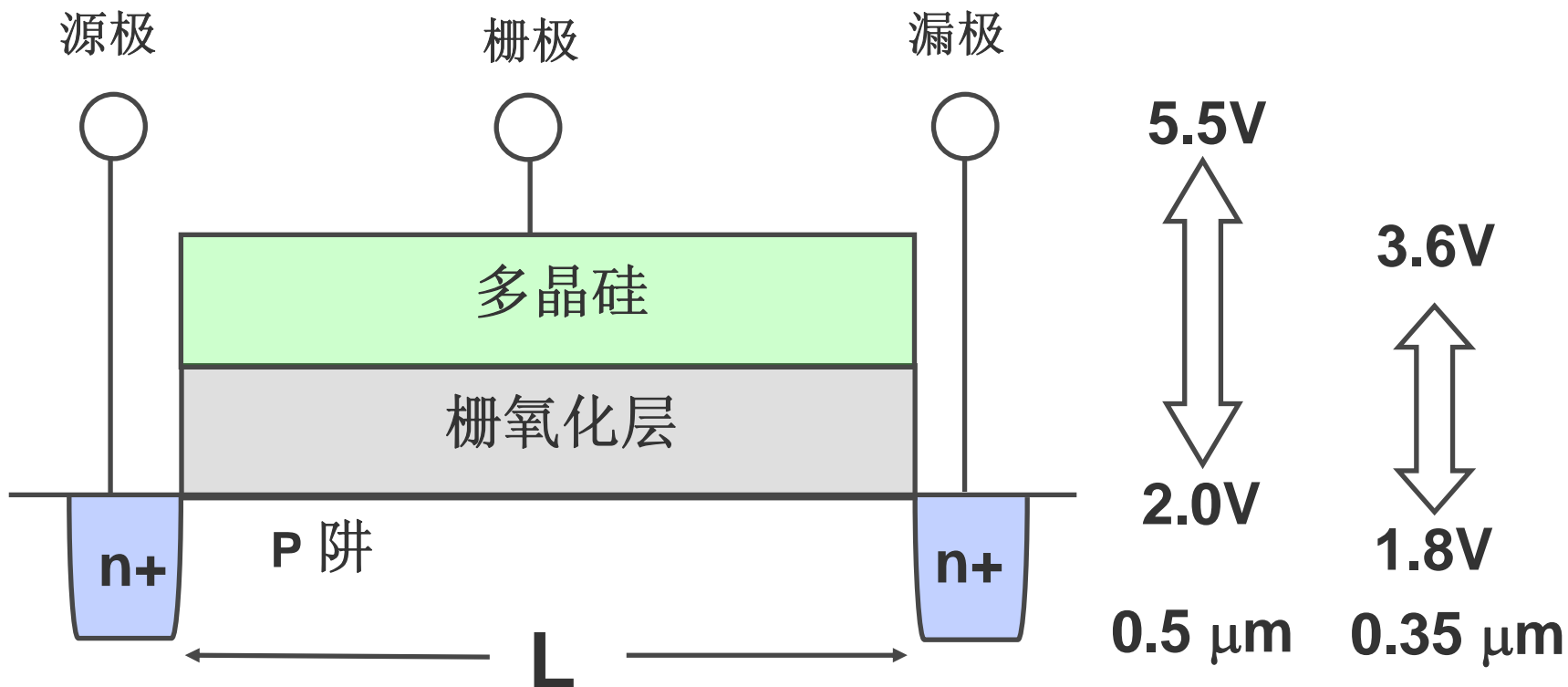
# 工艺对器件特性的影响

# 工艺技术

- 工艺技术就是决定器件电气特性的特定制造工艺:
  - 存储器技术
  - 可用器件类型
  - 晶体管大小
  - 电压特性
  - 电流特性
  - 等等...

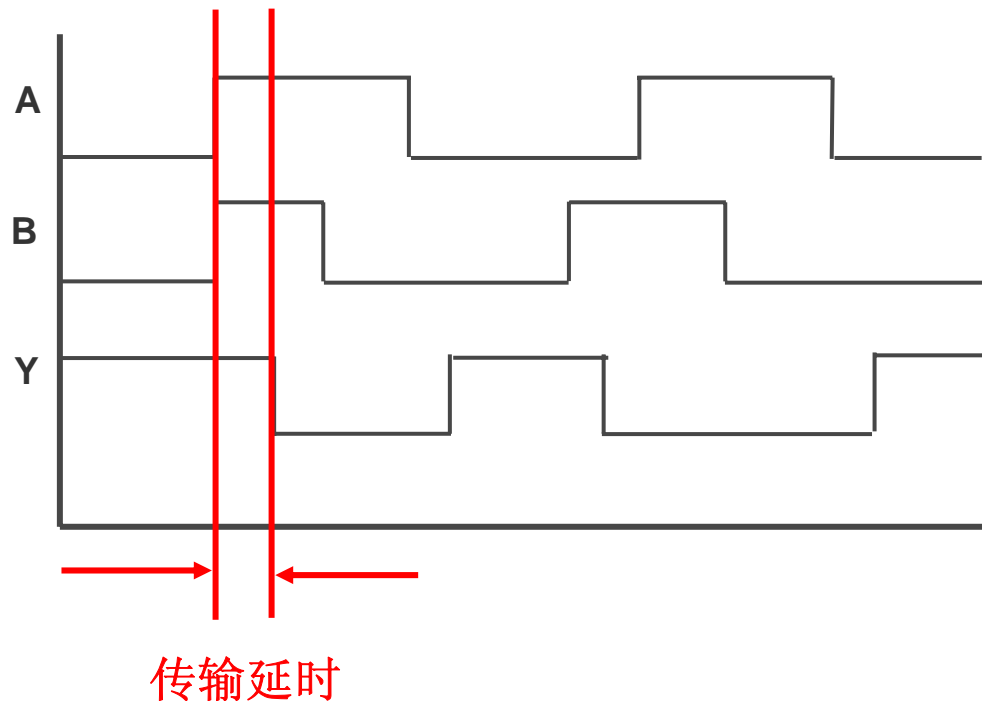
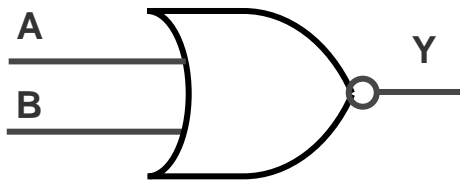
# 工艺对V<sub>dd</sub>的影响

- 随着晶体管长度缩短，其高度也变小。



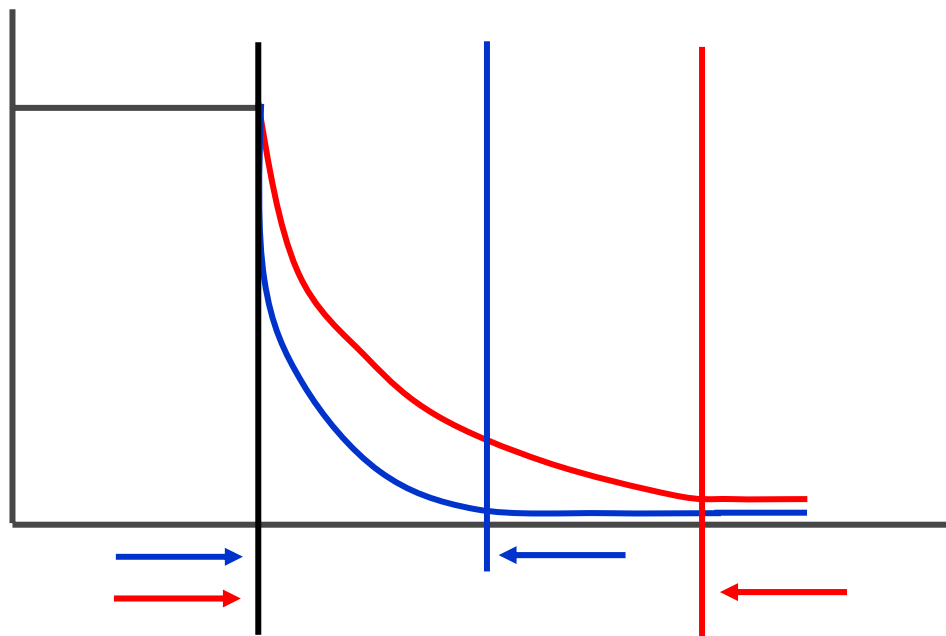
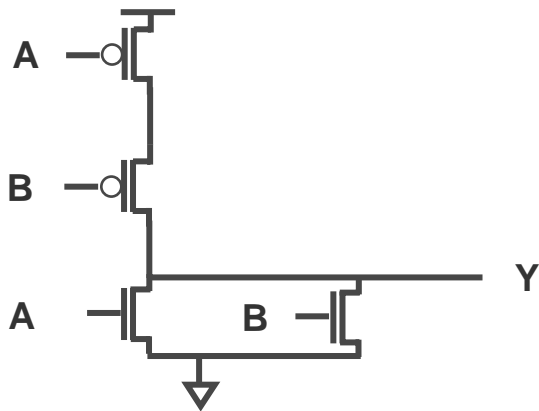
# 工艺对频率的影响

- 随着晶体管尺寸缩小，传输延时也随之缩短



# 工艺对频率的影响

- 传输延时随着电路电容的减小而缩短



传输延时 – 0.35 um

传输延时 – 0.5 um



# 工艺对温度的影响

- 工作温度范围由设计决定，而非工艺
- “K”系列器件仍将提供相同的温度范围：
  - 工业级：-40° C至85° C
  - 扩展级：-40° C至125° C

# 工艺参数

	<u>PIC18</u>	<u>PIC18J</u>	<u>PIC18K</u>
Vdd	2.0-5.5V	2.0-3.6V	1.8-3.6V
最高频率	40 MHz	40 MHz*	64 MHz
工业级	-40-85° C	-40-85° C	-40-85° C
扩展级	-40-125° C	-40-125° C	-40-125° C



# “K” 模拟特性

# 低压差稳压器

## ● 使能稳压器

- 允许1.8V至5.5V的工作电压范围
- 需要一个引脚用来存储内部电荷
- 有效工作时采用高功耗模式
- 休眠和LP工作模式下采用低功耗模式

## ● 禁止稳压器

- 稳压器不消耗电流
- 允许1.8V至3.6V的工作电压范围

# 无电容稳压器

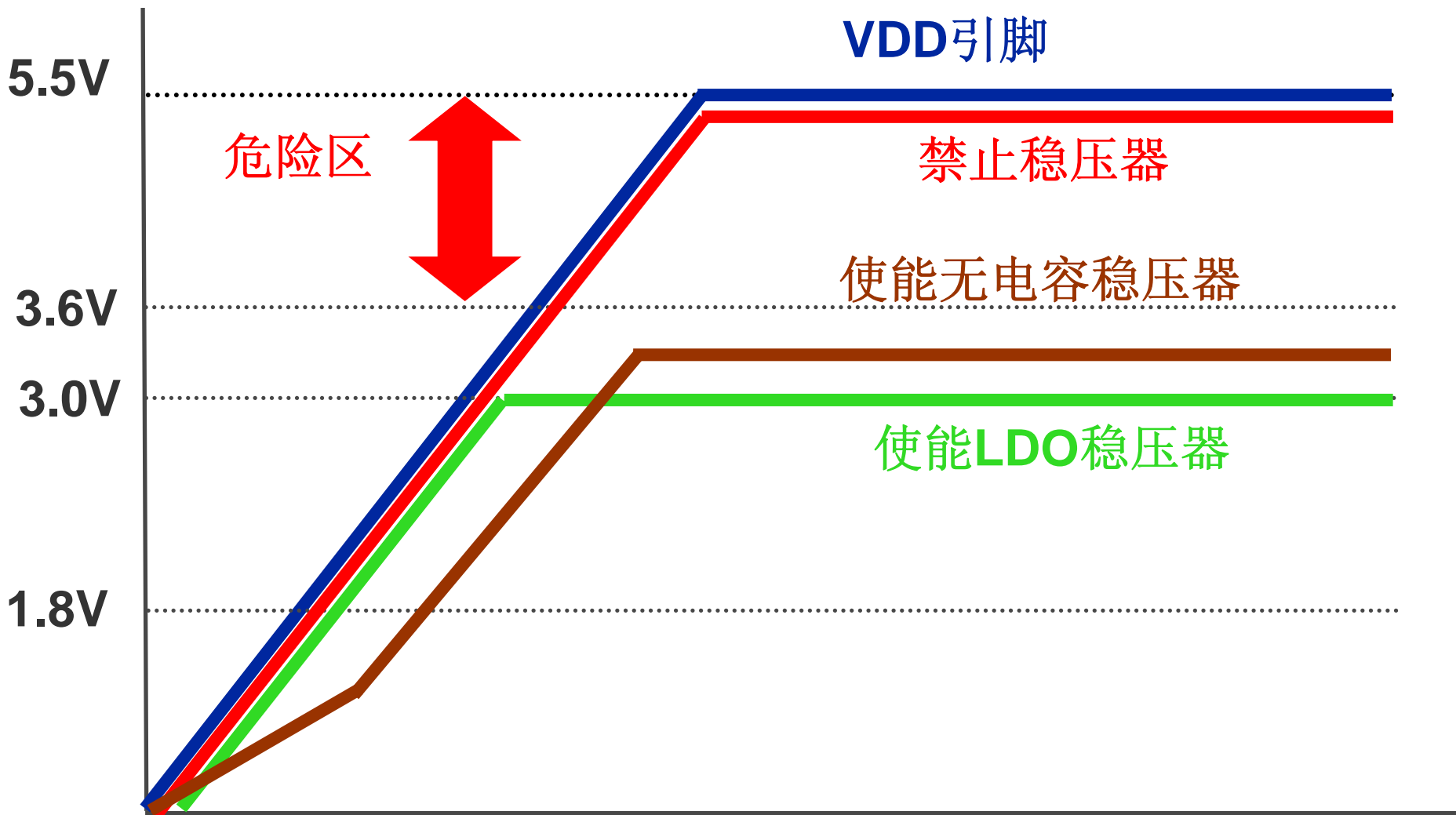
## ● 使能稳压器

- 允许2.7V至5.5V的工作电压范围
- 无需外部元件
- 有效工作时采用高功耗模式
- 休眠和LP工作模式下采用低功耗模式

## ● 禁止稳压器

- 稳压器不消耗电流
- 允许1.8V至3.6V的工作电压范围

# 稳压器

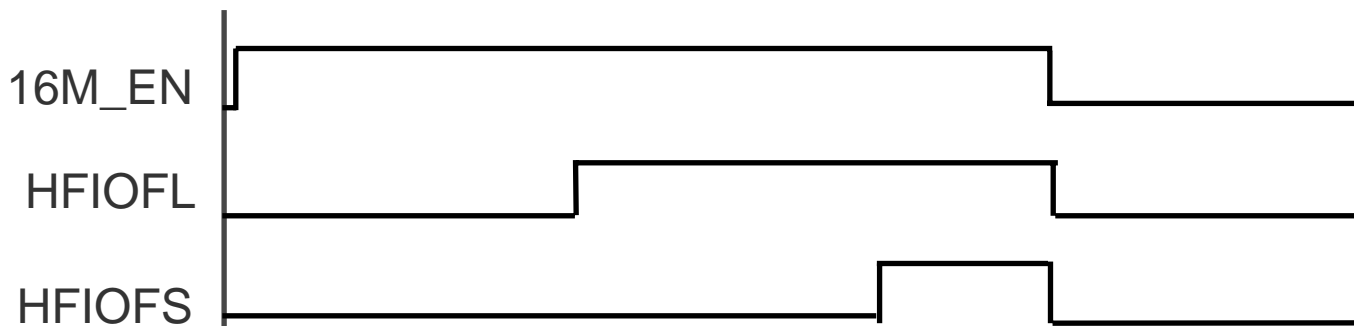
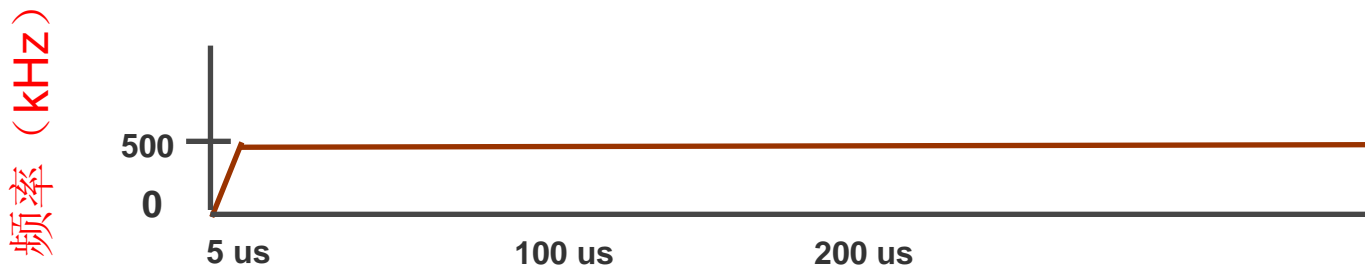
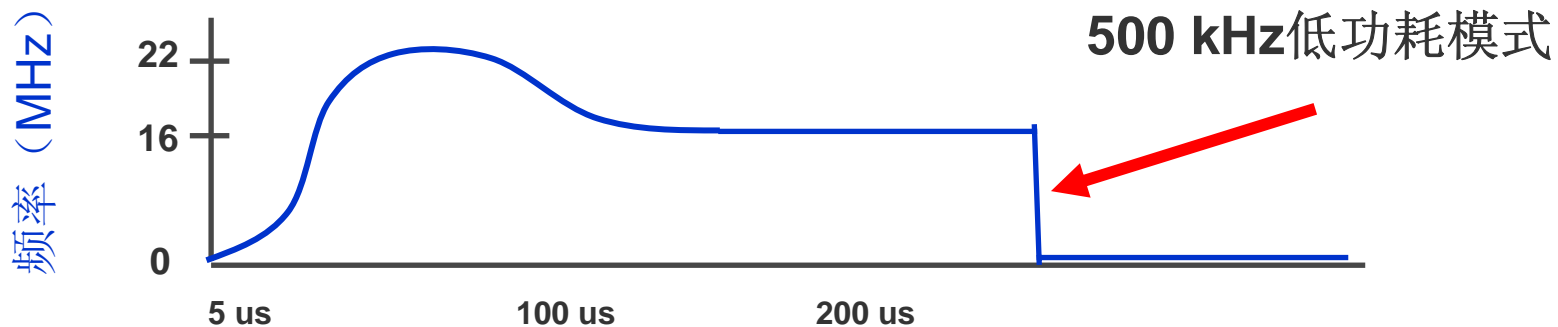


# 内部振荡器

## ● 8/16 MHz内部振荡器

- 使用500 kHz的基频，然后由内部VCO将频率提高到8/16 MHz
- 提供和我们以前的内部振荡器相同的精度，而速度提高了两倍
- 还可用500 kHz时钟作为时钟源

# 内部振荡器起振时序





# 固定参考电压 (FVR)

- 精确的片上参考电压模块
- 未经过稳压的器件
  - 基础电压1.2V
- 经过稳压的器件
  - 基础电压1.024V
  - 可变增益缓冲器 (x1、x2和x4)
- 以下部件可使用**FVR**
  - 比较器
  - ADC
  - DAC

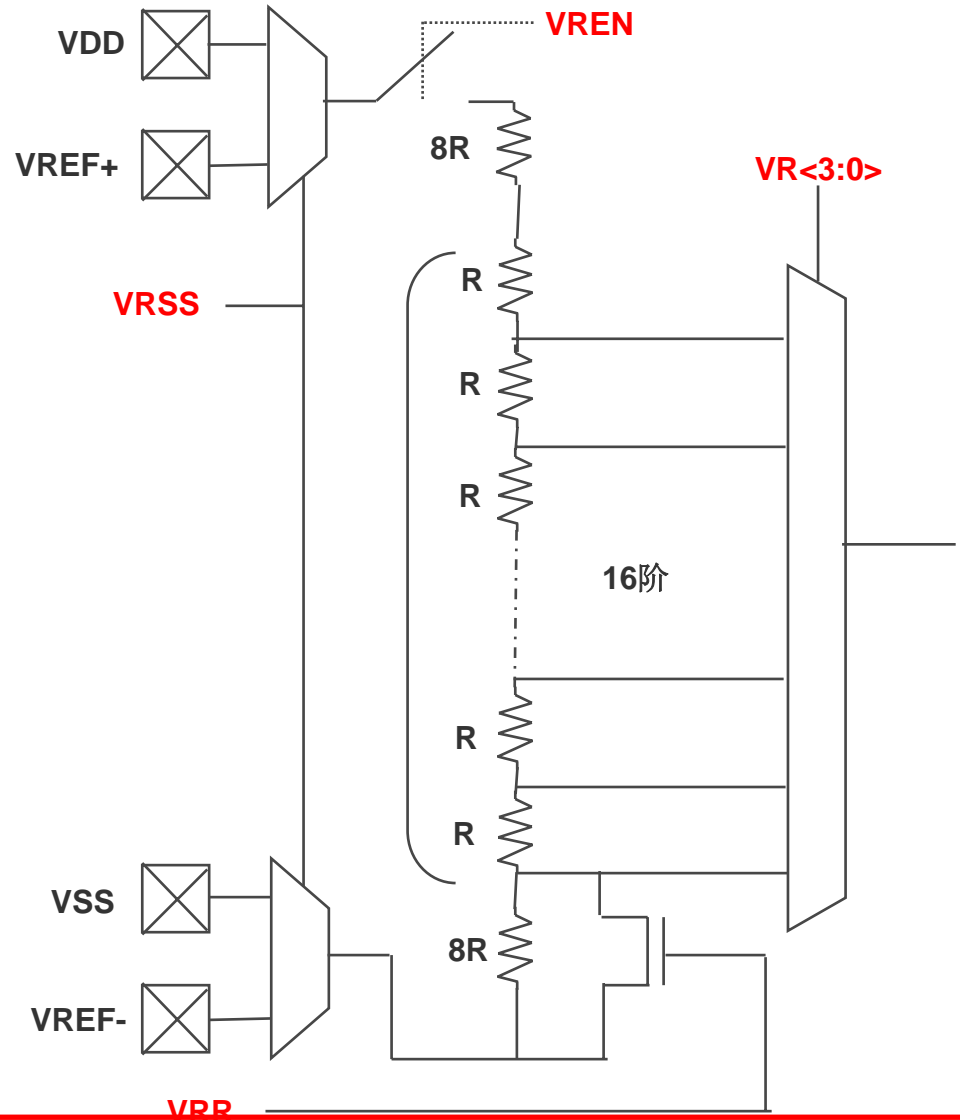
# 比较器参考电压

- 基于电阻的参考电压

- 2 kΩ单位电阻
- 4位分辨率
- 2种不同的电压范围

- 参考电压

- 电源（Vdd和Vss）
- 外部引脚（Vref+和Vref-）



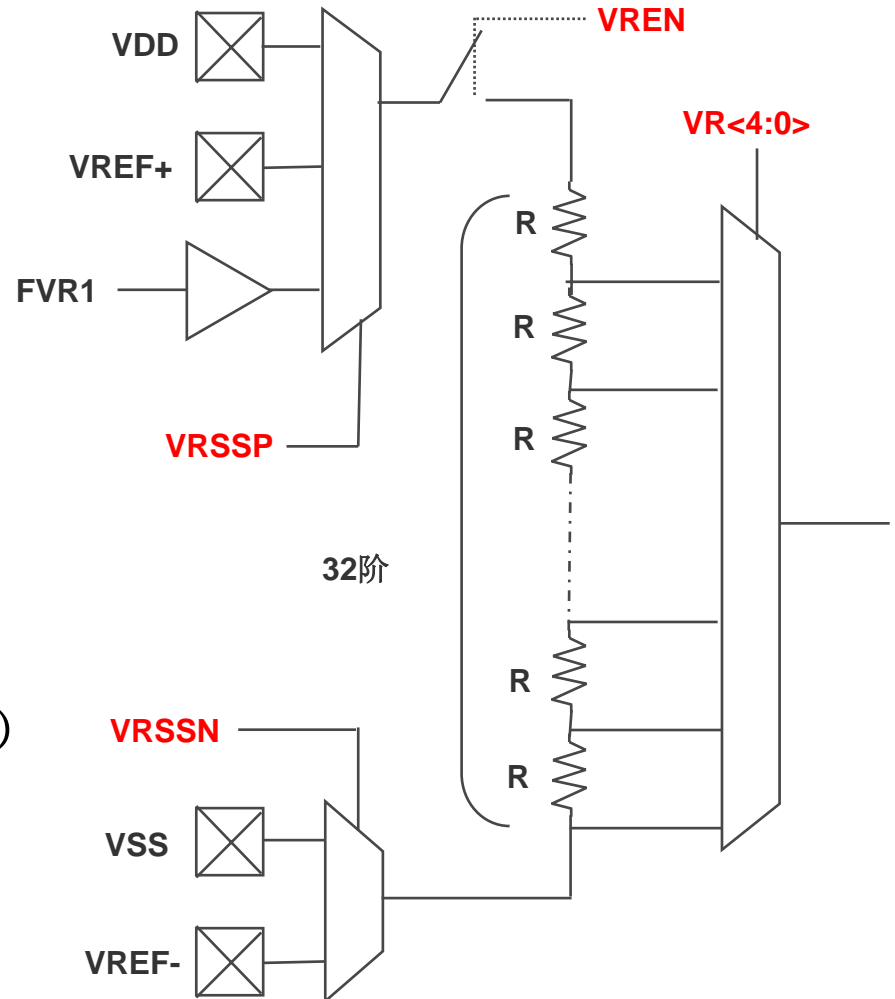
# DAC

- 基于电阻的参考电压

- 5 kΩ单位电阻
- 5位分辨率
- 轨到轨输出范围

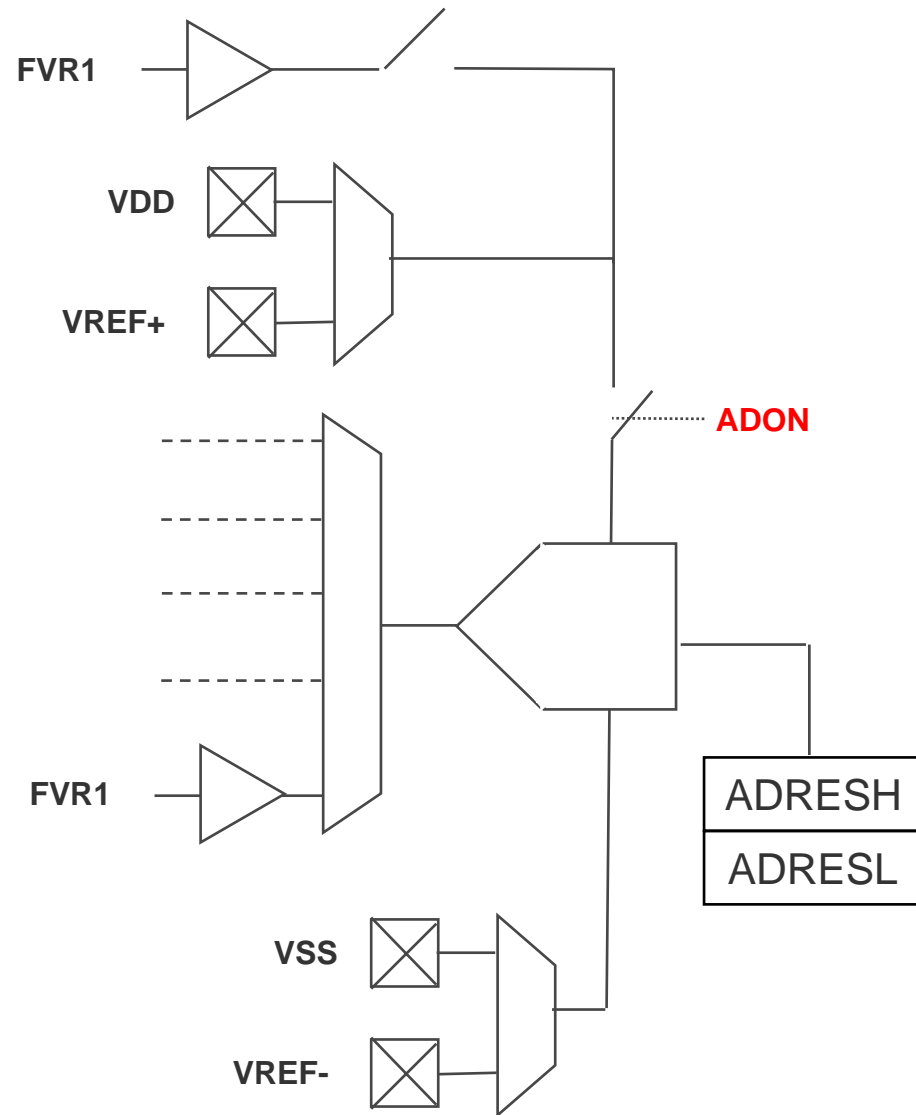
- 参考电压

- 电源 (Vdd和Vss)
- 外部引脚 (Vref+和Vref-)
- 固定参考电压 (FVR1)



# ADC

- 分辨率
  - 8位
  - 10位
- 采样速率
  - 30 ksps (PIC16/18)
  - 100 ksps (PIC18J)
  - 500 ksps (PIC24J)
  - 100 ksps (PIC16/18K)
  - 500ksps (PIC24K)
- 参考电压
  - VDD/VSS
  - 外部参考电压引脚
  - 由通道提供固定的参考电压
  - 由正电源提供固定的参考电压



**PIC16/18K**

# VDD检测

- 选择VDD和VSS作为参考电压
- 选择通道作为FVR1
- 可通过比较FVR1 转换结果与满量程之比来确定Vdd
- 例如，VDD 与 1.024V FVR1相比

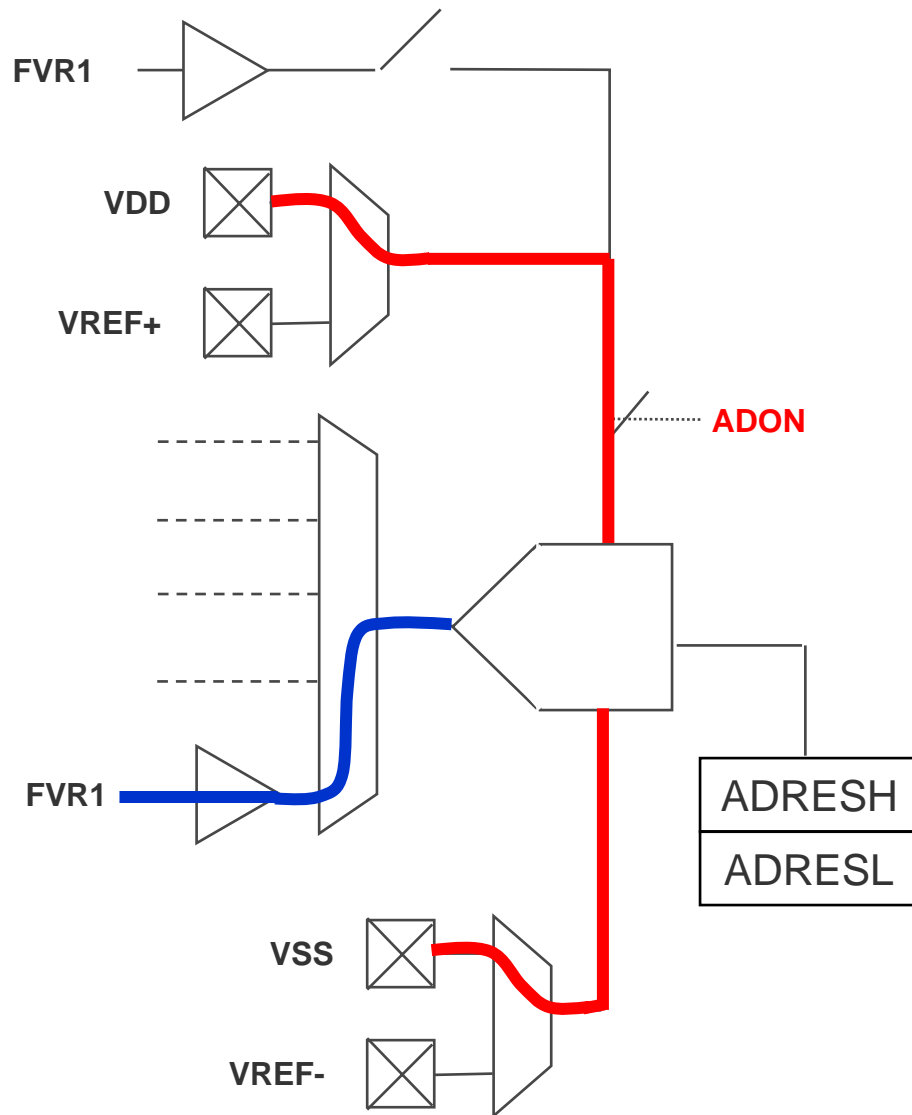
$$\frac{1.024V}{5.0V} = \frac{X}{1024} \quad X = 209$$

(3FFh)      (D1h)

$$\frac{1.024V}{3.0V} = \frac{X}{1024} \quad X = 350$$

(3FFh)      (15Eh)

- 转换结果随Vdd的减小而增大



# 提高ADC分辨率

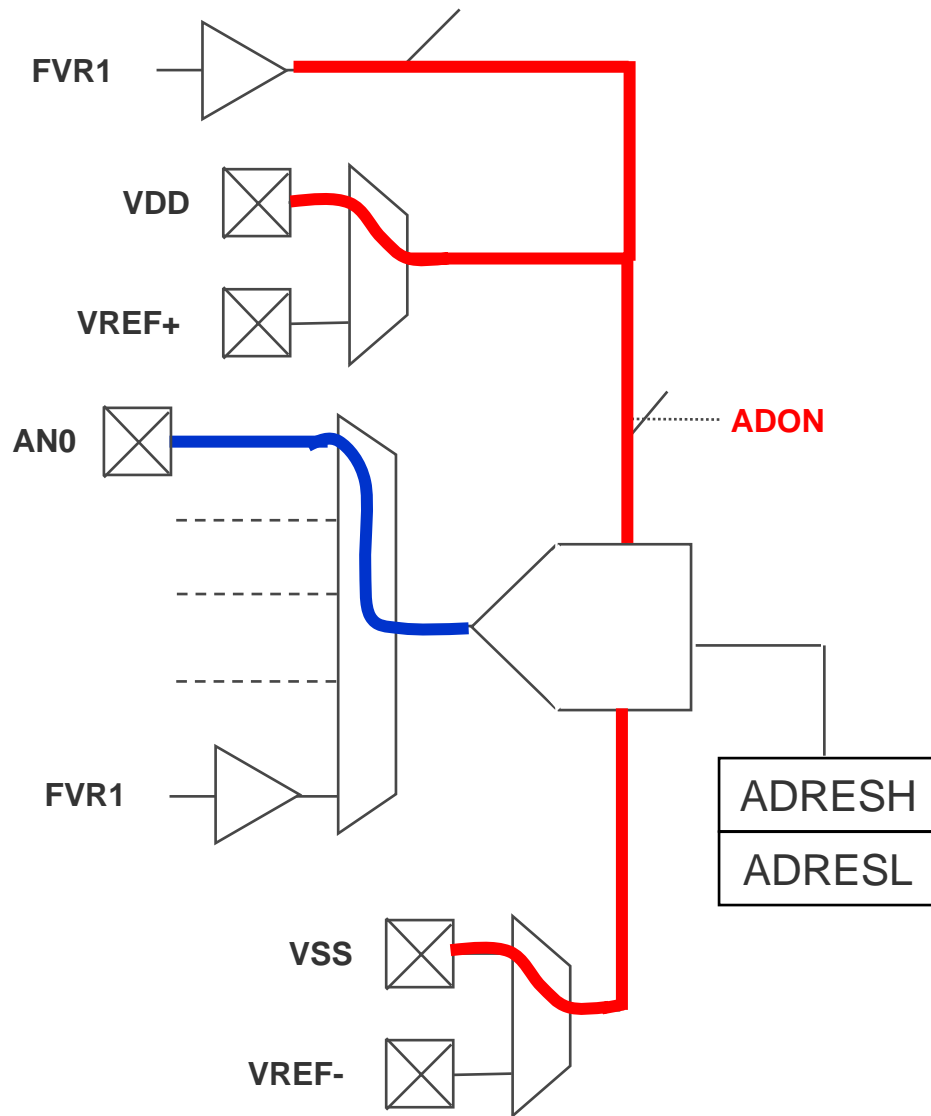
- VDD作为参考电压时的分辨率:

$$= \frac{\text{参考电压}}{\text{分辨率位数}}$$

$$= \frac{5V}{1024} = 4.9 \text{ mV}$$

- 用FVR1作为ADC的参考电压, 可提高ADC分辨率

$$= \frac{2.048V}{1024} = 2.0 \text{ mV}$$



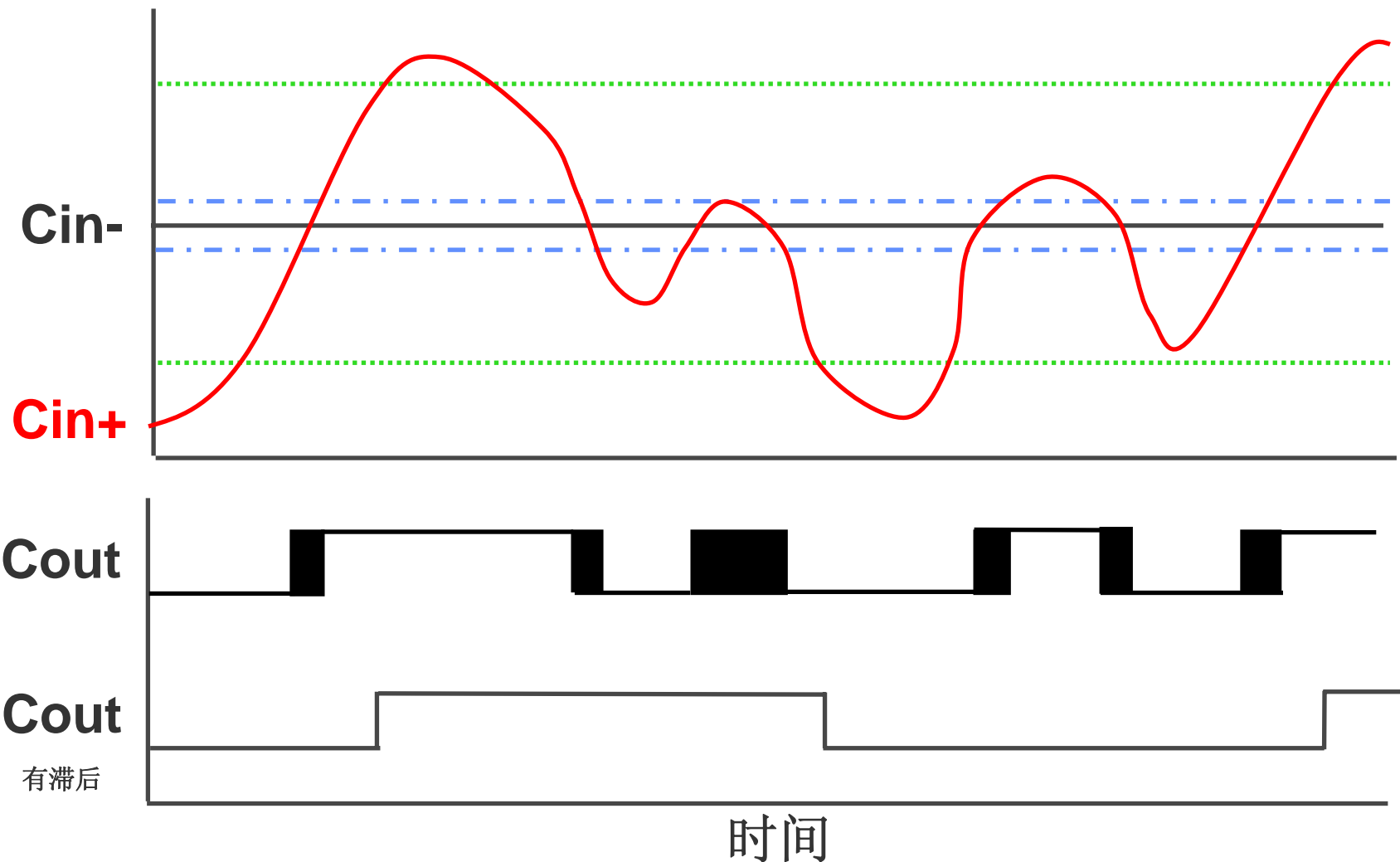
# 比较器

- 轨到轨输入
  - $V_{CM}$ 的规定范围为 $V_{DD}-1.5V$
- 低功耗模式选择
  - 失调增加因数为2.5
  - 功耗减少因数为7
  - 响应时间的变化因数为7
- 滞后
  - 软件使能
  - 滞后通常为 $\pm 30\text{ mV}$

# 比较器

失调区

滞后区

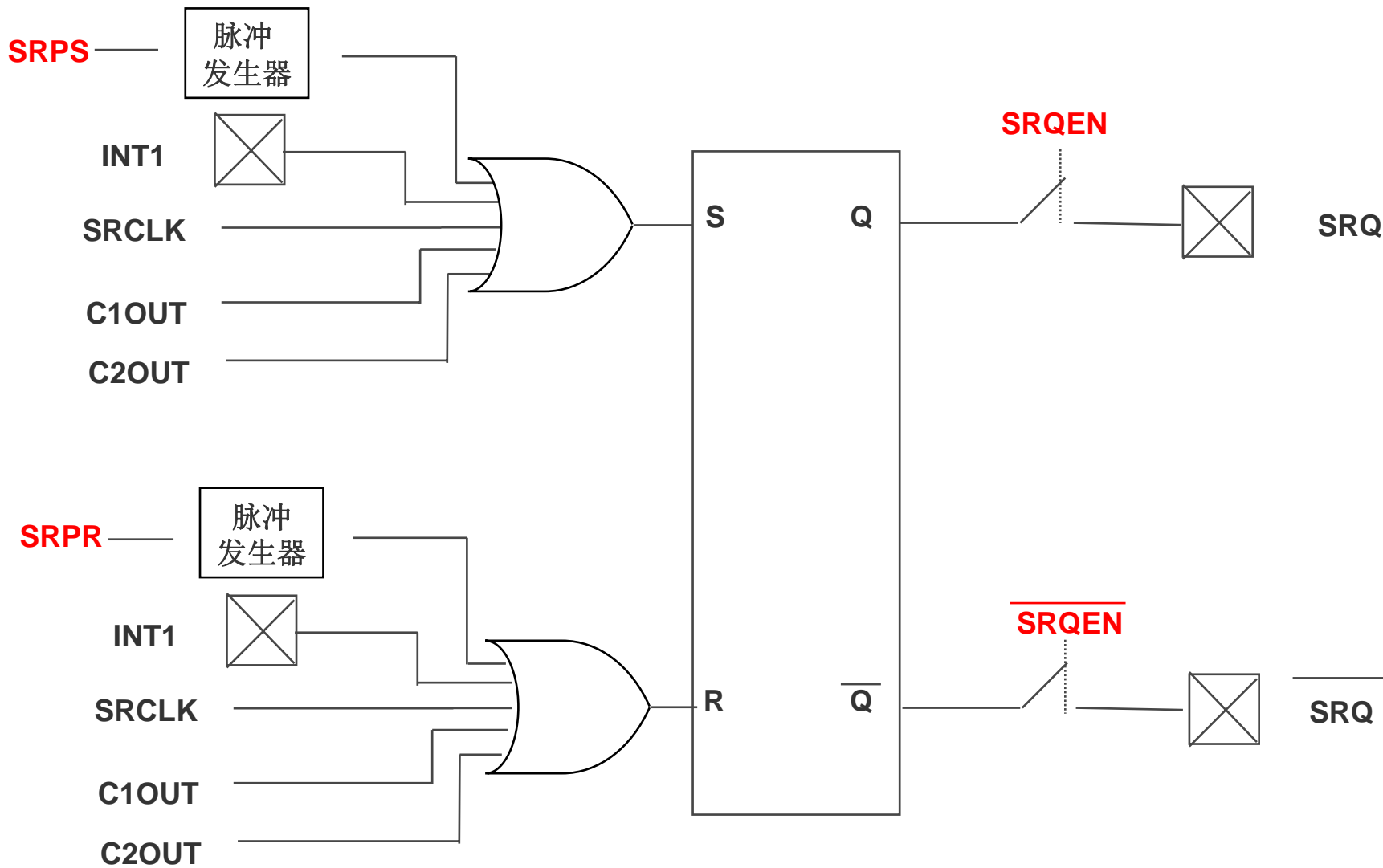






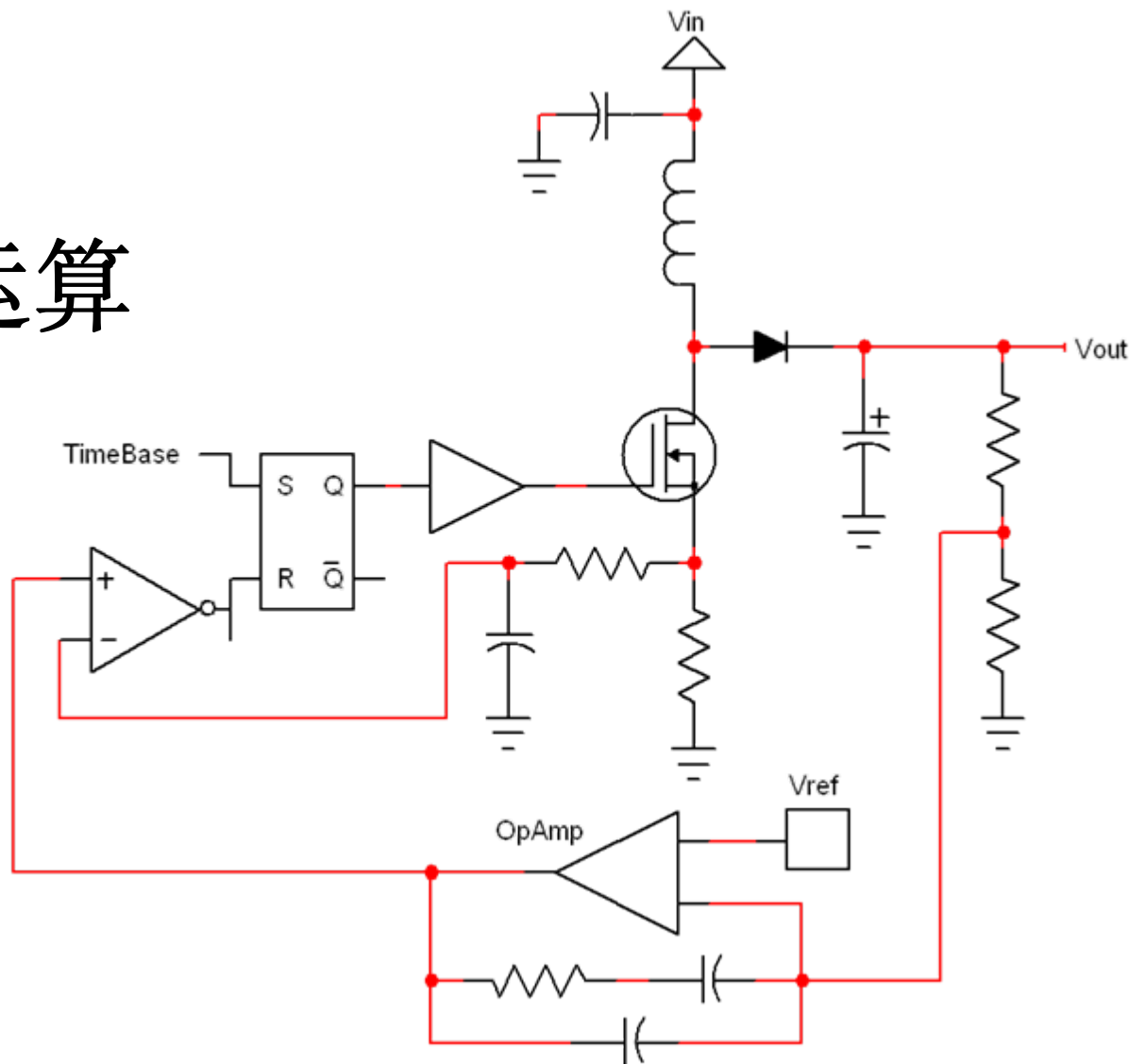
# “K” 数字特性

# SR锁存器

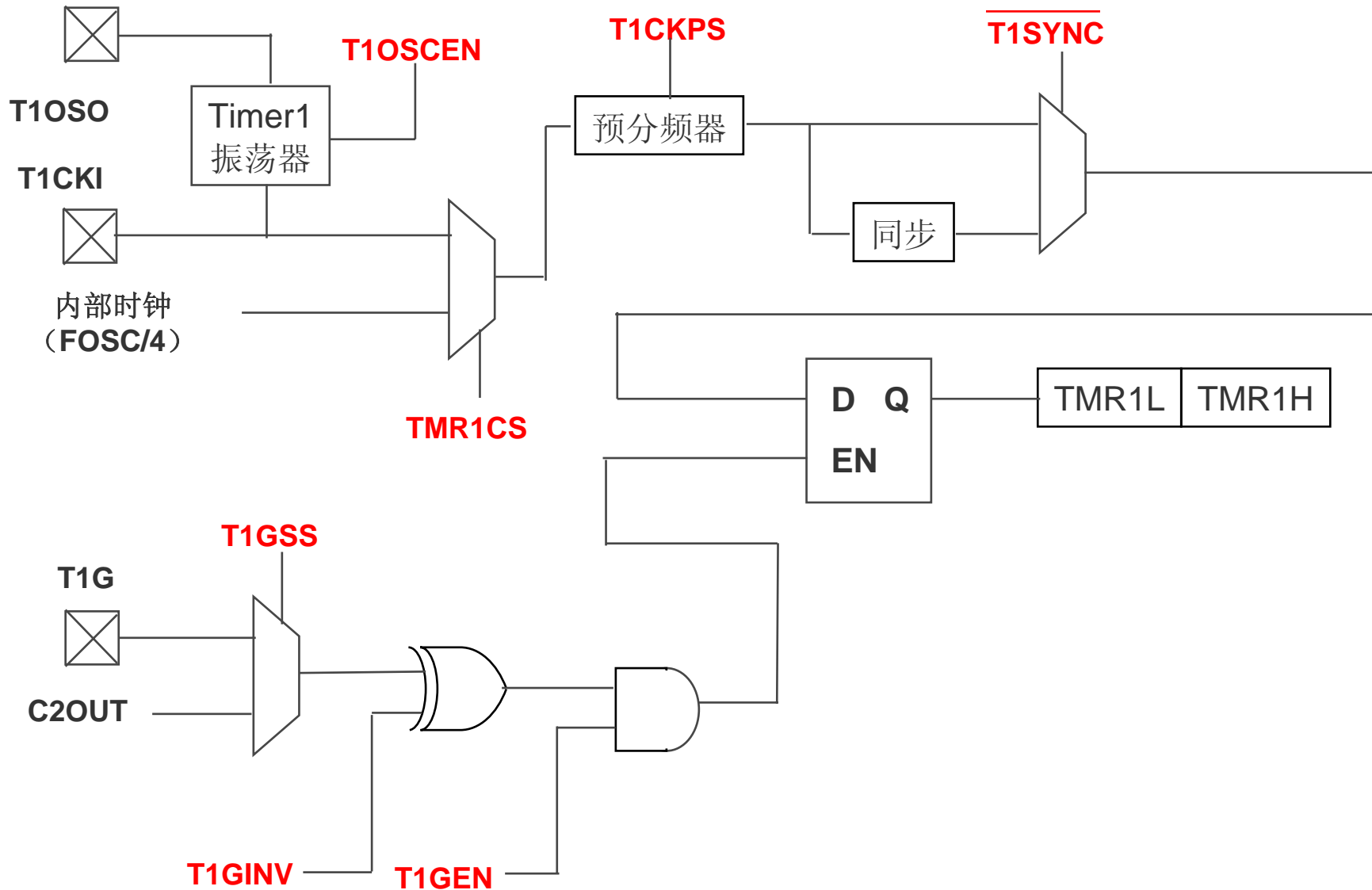


# 开关电源

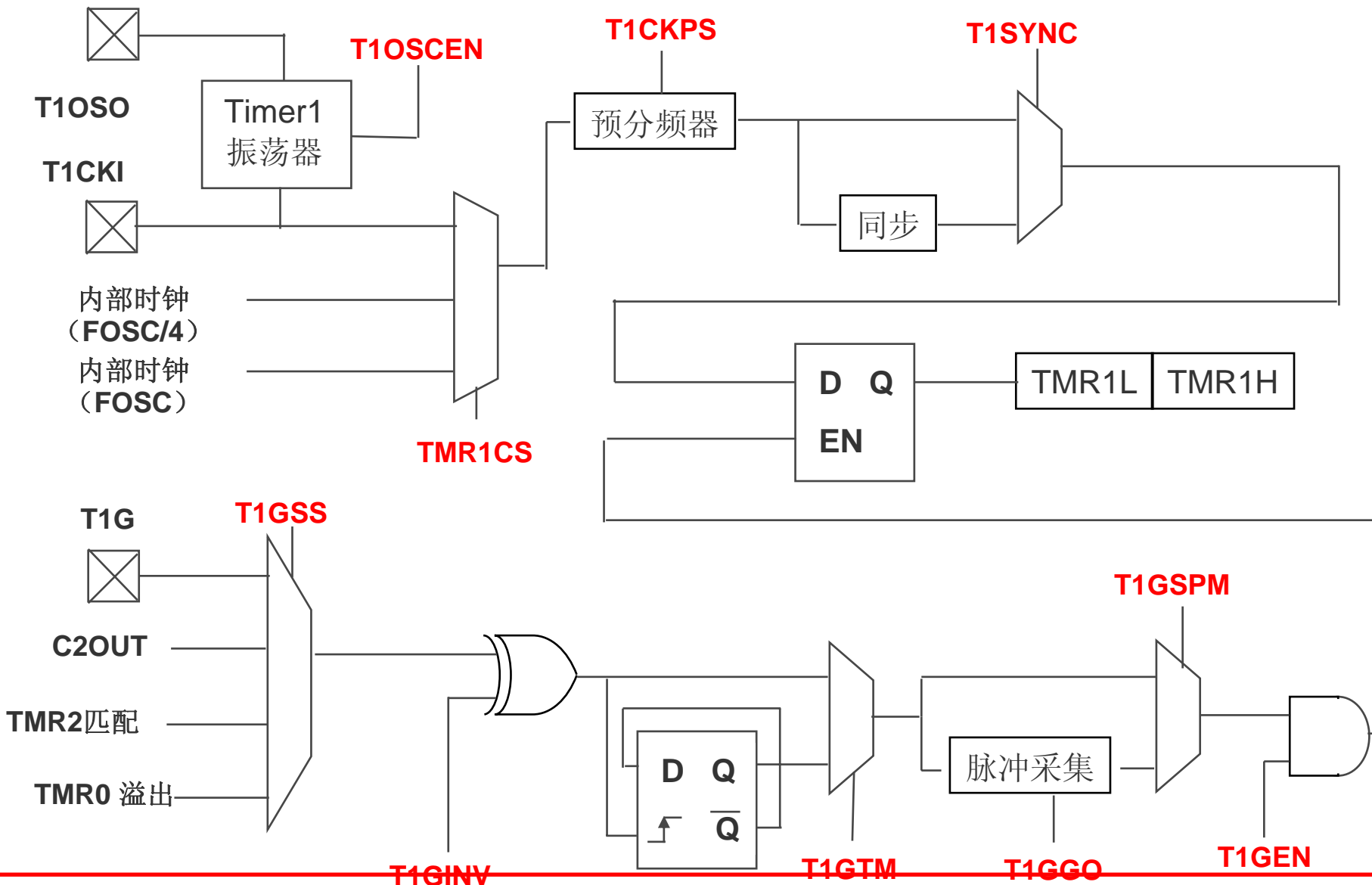
- 电流模式
- 使用外部运算放大器
- 升压拓扑



# Timer1门控——当前

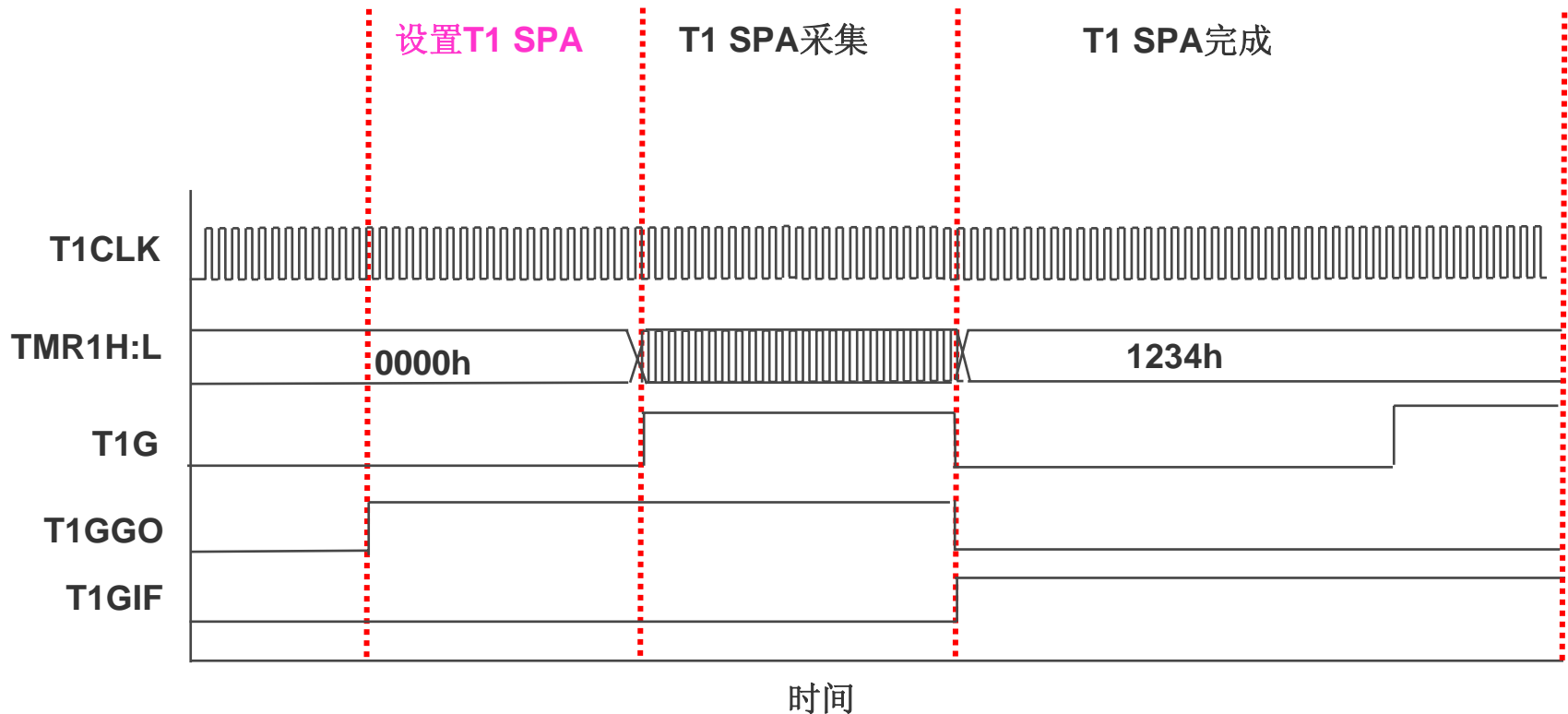


# Timer1 门控——增强型



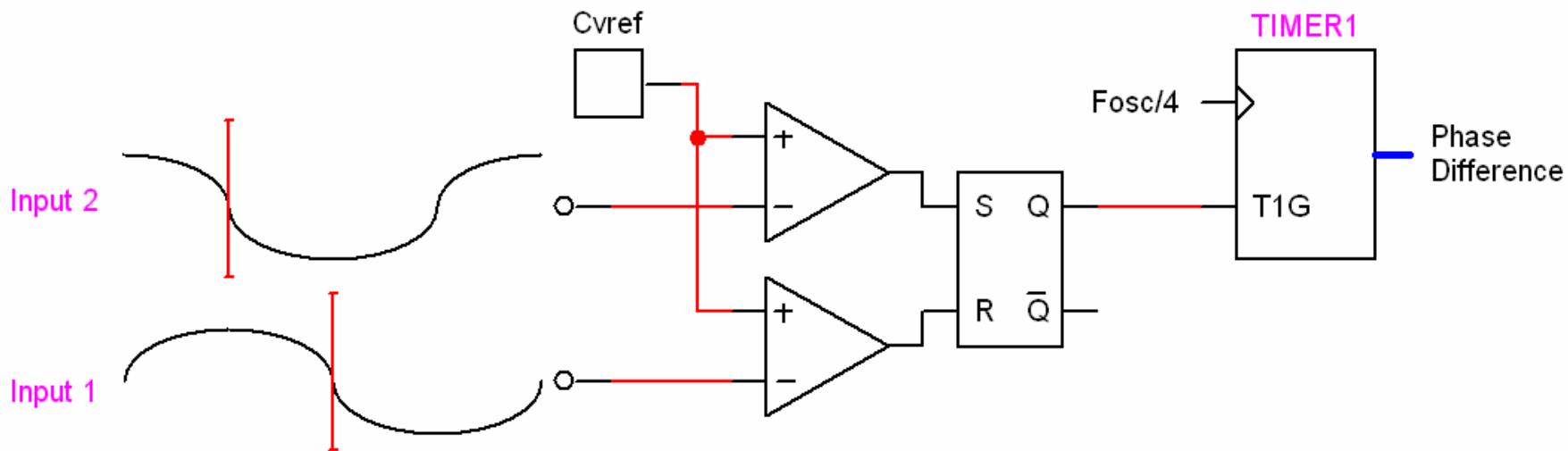
# 占空比测量

- 用单脉冲采集（**SPA**）功能对占空比进行采集



# 相位比较器

- **Timer1**测量输入1下降沿与输入2下降沿之间的时间



# “K” 低功耗特性



# 低功耗静态特性

## ● 休眠

- 最大1.5  $\mu\text{A}$  (PIC16/18)
- 最大5.0  $\mu\text{A}$  (PIC18J)
- $< 2.0 \mu\text{A}$  (PIC16/18K, 最大目标)
- $< 3.0 \mu\text{A}$  (PIC24K, 最大目标)
- $< 1.0 \mu\text{A}$  (深度休眠状态下的PIC24K, 最大目标)

# 低功耗静态特性

- **Timer1振荡器 (32.768 kHz)**
  - 4  $\mu$ A (典型值, 现有的PIC16/18器件)
  - 8  $\mu$ A (典型值, 现有的PIC24FJ器件)
  - 500 nA (典型值, PIC16/18K/24K器件)

# 欠压复位

- 不同的使能选项
  - 开
  - 关
  - 休眠时关，活动时开
  - 软件控制
- 不同的跳变电平
  - PIC16上1或2个电平（2.1V和4.5V）
  - PIC18/24K上3或4个电平
- 电流消耗
  - 60 uA（当前器件）
  - ~5 uA（将来器件）
  - 休眠模式下新的低功耗选项——消耗~1.5 uA的电流

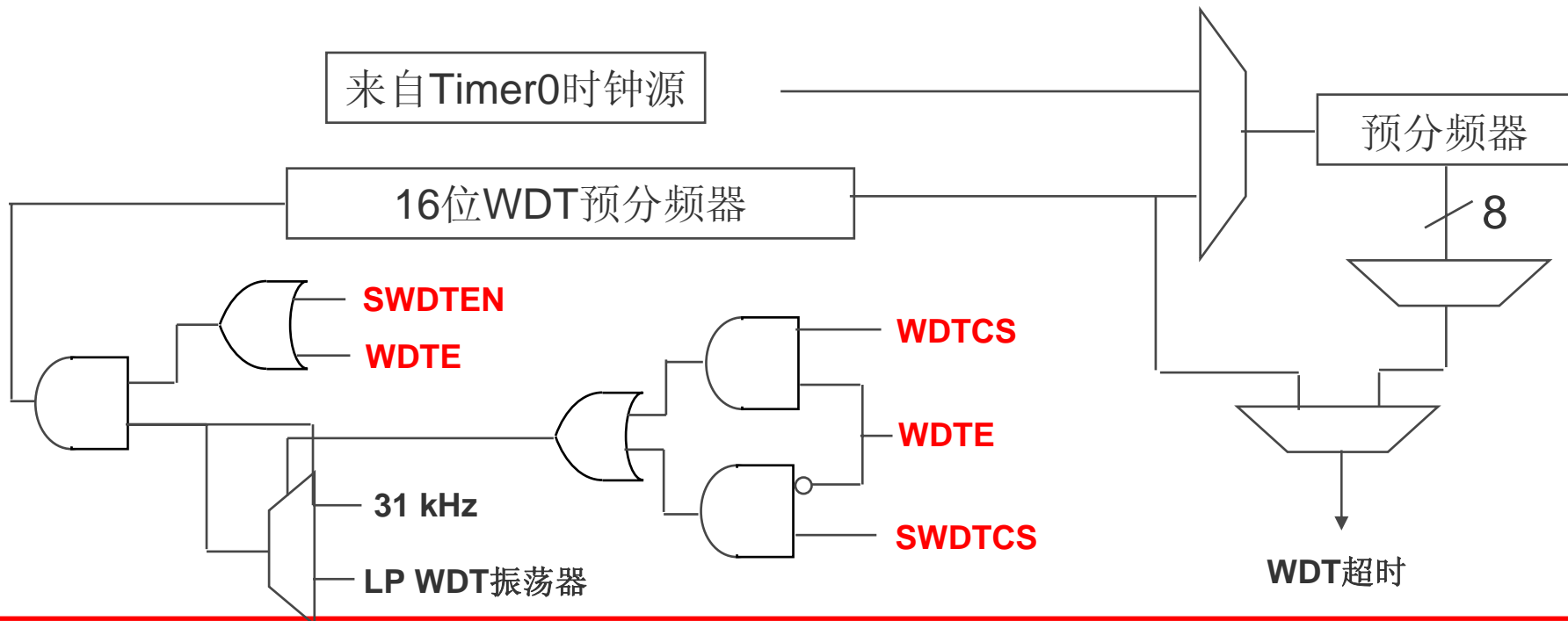
# WDT——增强型

## ● 当前特性

- 熔丝/软件使能
- 可用软件选择的预分频比
- 31 kHz振荡器时钟源

## ● 新特性

- 熔丝/软件时钟选择
- 低功耗WDT振荡器



# 有功功率特性

- 主时钟模式
  - LP、XT、HS、EXTRC、ECH、ECL和ECM
  - CLKOUT--使能熔丝
- 时钟切换
  - 依靠主振荡器运行
  - 依靠内部振荡器运行
  - 依靠 Timer1 振荡器运行 — 标准 ( PIC16 )
- 内部振荡器
  - 16 MHz 内部时钟源
  - 500 kHz 低功耗选项能减少功耗

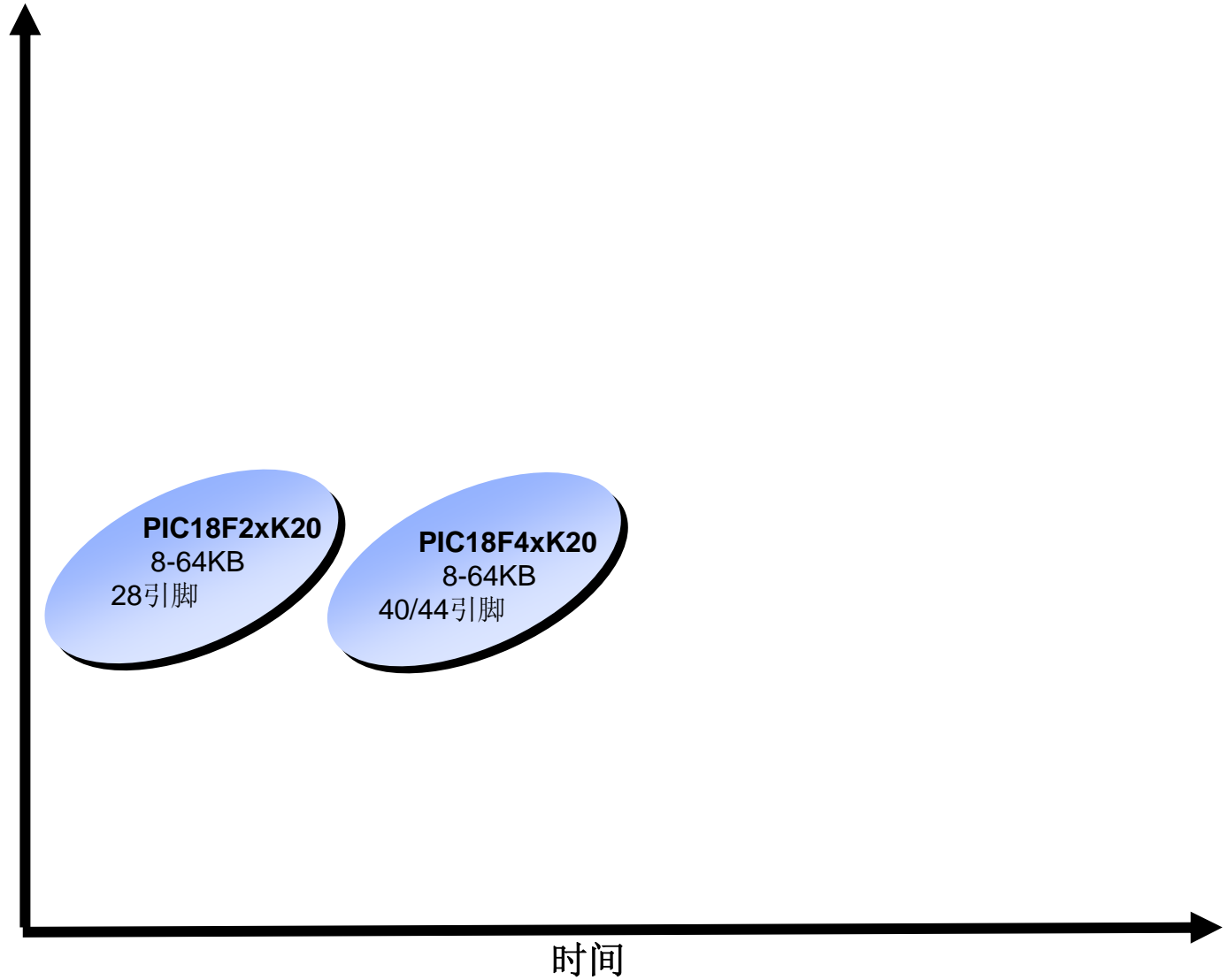


# 器件系列

# PIC单片机K系列

## PIC18F “K”系列

通用  
低功耗



# PIC18F2XK20/4XK20

- 器件属性
  - 28、40和44引脚
  - 1.8V – 3.6V
  - 最高16 MIPS（64 MHz时）
- 存储器
  - 4KB – 64KB闪存
  - 256B – 4KB RAM
  - 256B – 1KB DataEE
- 低功耗
  - 低功耗Timer1振荡器
- 模拟
  - 100 ksps ADC，最多14路通道
  - 2个轨到轨比较器
  - 比较器参考电压
  - 1.2V固定参考电压
- 数字
  - 3个定时器
  - 1个MSSP模块（支持SPI和I<sup>2</sup>C™）
  - 1个EUSART模块
  - 1个ECCP模块
  - 1个CCP模块

现有样片提供



# PIC®单片机K系列

## PIC24 K系列

通用  
低功耗

**PIC24FXXK101**  
4-32 KB  
20/28引脚

**PIC24F04K20X**  
4 KB  
14-20引脚

## PIC18F K系列

通用  
低功耗

**PIC18F2XK20**  
8-64KB  
28引脚

**PIC18F4XK20**  
8-64KB  
40/44引脚

时间

# PIC24FXXK101/102/200

- 器件属性
  - 14、20和28引脚
  - 1.8V – 3.6V
  - 最高16 MIPS（32 MHz时）
- 存储器
  - 4KB – 32KB闪存
  - 1KB – 2KB RAM
  - 512B DataEE
- 低功耗
  - 深度休眠
  - 低功耗Timer1振荡器
  - 低功耗WDT振荡器
- 模拟
  - 500 ksps ADC，最多12路通道
  - 2个轨到轨比较器
  - 比较器参考电压
  - 1.2V固定参考电压
- 数字
  - 具有输入捕捉和输出比较的定时器
  - SPI模块
  - I<sup>2</sup>C™模块
  - UART模块
  - RTCC模块
  - CRC模块

**2008年初可提供样片**

# PIC<sup>®</sup>单片机K系列

## PIC24 K系列

通用  
低功耗

**PIC24FXXK101**  
4-32 KB  
20/28引脚

**PIC24F04K20X**  
4 KB  
14-20引脚

## PIC18F K系列

通用  
低功耗

**PIC18F2XK20**  
8-64KB  
28引脚

**PIC18F4XK20**  
8-64KB  
40/44引脚

## PIC16 K系列

通用  
低功耗

**PIC16F72X**  
3.5-14KB  
28/40/44引脚

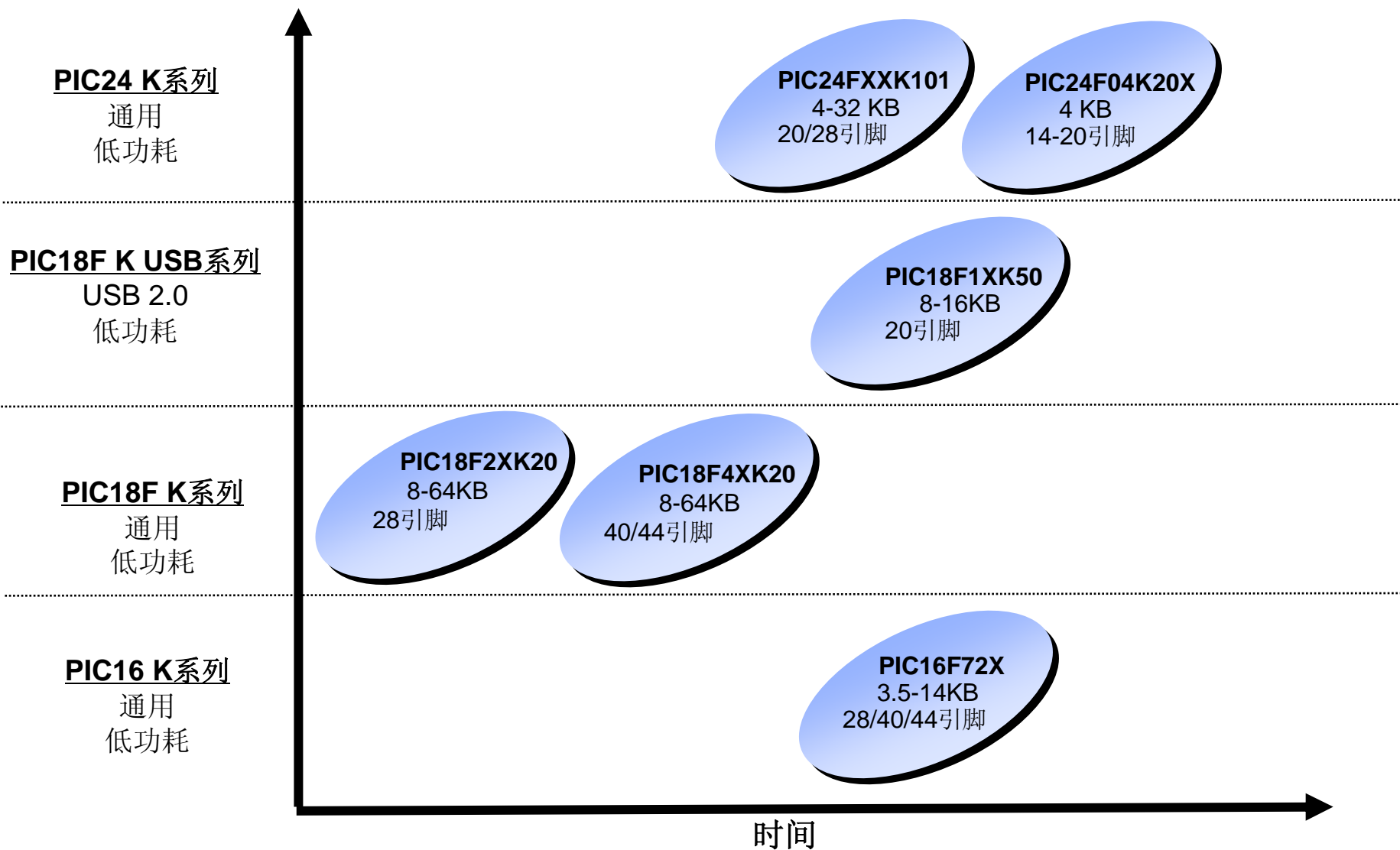
时间

# PIC16F72X

- 器件属性
  - 28、40和44引脚
  - 1.8V – 5.5V
  - 最高5 MIPS（20 MHz时）
  - 16 MHz内部振荡器
- 存储器
  - 2KW – 8KW闪存
  - 128B – 368B RAM
- 低功耗
  - 低功耗Timer1振荡器
  - 低功耗WDT振荡器
- 模拟
  - 100 ksp/s ADC，最多14路通道
  - 1.024V固定参考电压
  - LDO稳压器
- 数字
  - 3个定时器
  - 1个SSP模块（支持SPI和I<sup>2</sup>C™）
  - 1个AUSART模块
  - 2个CCP模块

**2007年底可提供样片**

# PIC®单片机K系列



# PIC18F1XK50

- 器件属性
  - 20引脚
  - 1.8V – 5.5V
  - 最高16 MIPS（64 MHz时）
- 存储器
  - 8KB – 16kB闪存
  - 512B – 768B RAM
  - 256B DataEE
- 低功耗
  - 低功耗Timer1振荡器
  - 低功耗BOR
  - 休眠模式下的低功耗BOR
- 模拟
  - 100 ksps ADC，最多9路通道
  - 2个轨到轨比较器
  - 5位DAC模块
  - 1.024V参考电压模块
  - LDO稳压器
- 数字
  - SR锁存器模块
  - 全速USB（仅限K50）
  - 3个定时器
  - 1个MSSP模块（支持SPI和I<sup>2</sup>C™）
  - 1个EUSART模块
  - 1个ECCP模块

**2007年底可提供样片**

# PIC®单片机K系列

## PIC24 K系列

通用  
低功耗

**PIC24FXXK101**  
4-32 KB  
20/28引脚

**PIC24F04K20X**  
4 KB  
14-20引脚

## PIC18F K USB系列

USB 2.0  
低功耗

**PIC18F1XK50**  
8-16KB  
20引脚

## PIC18F K系列

通用  
低功耗

**PIC18F2XK20**  
8-64KB  
28引脚

**PIC18F4XK20**  
8-64KB  
40/44引脚

**PIC18F1XK20**  
8/16 KB  
20引脚

**PIC18F0XK20**  
4/8 KB  
14引脚

## PIC16 K系列

通用  
低功耗

**PIC16F72X**  
3.5-14KB  
28/40/44引脚

时间

# PIC18F1XK20

- 器件属性
  - 20引脚
  - 1.8V – 5.5V
  - 最高16 MIPS（64 MHz时）
- 存储器
  - 8KB – 16KB闪存
  - 256B – 512B RAM
  - 256B DataEE
- 低功耗
  - 低功耗Timer1振荡器
  - 低功耗BOR
  - 休眠模式下的低功耗BOR
- 模拟
  - 100 ksps ADC，最多8路通道
  - 2个轨到轨比较器
  - 5位DAC模块
  - 1.024V参考电压模块
  - 无电容稳压器
- 数字
  - SR锁存器模块
  - 3个定时器
  - 1个MSSP模块（支持SPI和I<sup>2</sup>C™）
  - 1个EUSART模块
  - 1个ECCP模块

**2008年初可提供样片**



# PIC18F0XK20

- 器件属性
  - 14引脚
  - 1.8V – 5.5V
  - 最高16 MIPS（64 MHz时）
- 存储器
  - 4KB – 8kB闪存
  - 256B RAM
  - 256B DataEE
- 低功耗
  - 低功耗Timer1振荡器
  - 低功耗BOR
  - 休眠模式下的低功耗BOR
- 模拟
  - 100 ksps ADC，最多8路通道
  - 2个轨到轨比较器
  - 5位DAC模块
  - 1.024V参考电压模块
  - 无电容稳压器
- 数字
  - SR锁存器模块
  - 3个定时器
  - 1个MSSP模块（支持SPI和I<sup>2</sup>C™）
  - 1个EUSART模块
  - 1个ECCP模块

**2008年中期可提供样片**



# 开发工具

# MPLAB<sup>®</sup> ICD 2

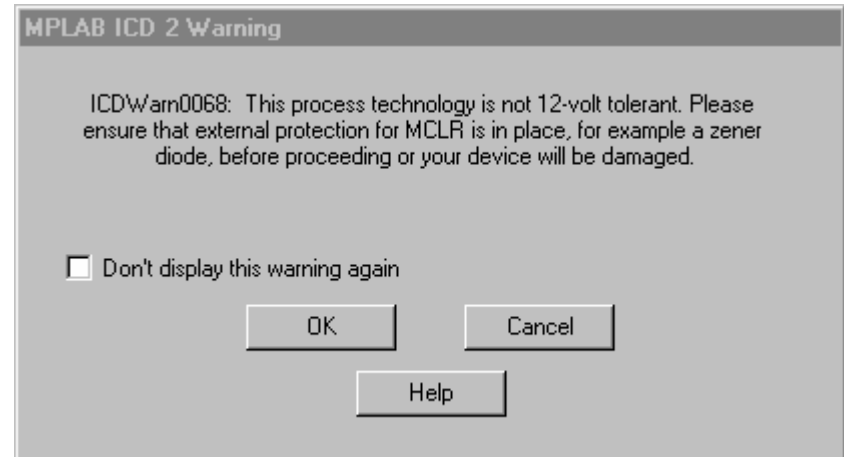
- 支持编程
- 支持调试
- 需要添加外部元件才能正常工作



# MPLAB<sup>®</sup> ICD 2

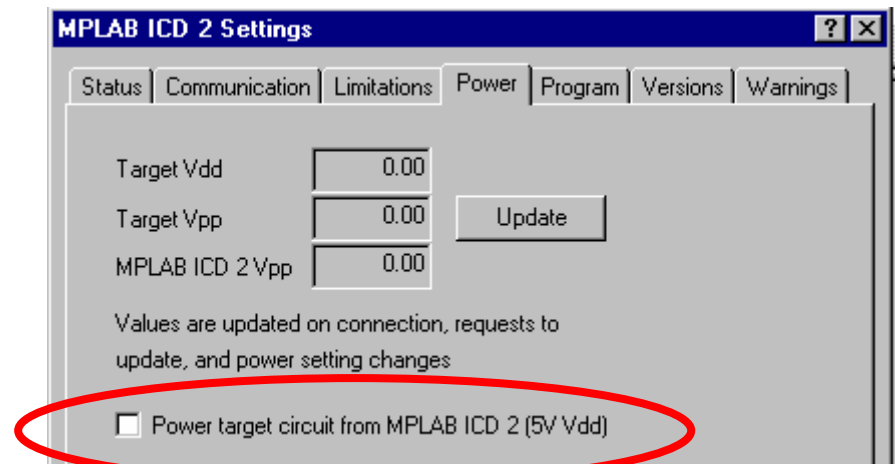
## ● 9V限制

- Vpp不能超过9V
- 用齐纳二极管逐步调低电压



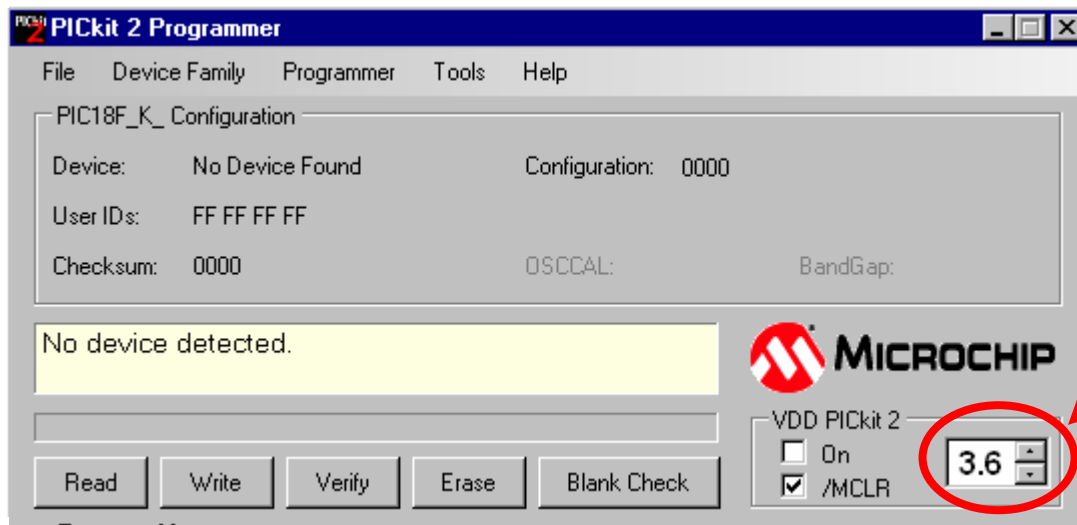
## ● 3.6V限制

- 最高Vdd为3.6V的器件必须依靠指定的电源才能运行



# PICkit™ 2 Debug Express

- 支持编程
- 支持调试
- 无需外部元件



# MPLAB<sup>®</sup> REAL ICE<sup>™</sup>

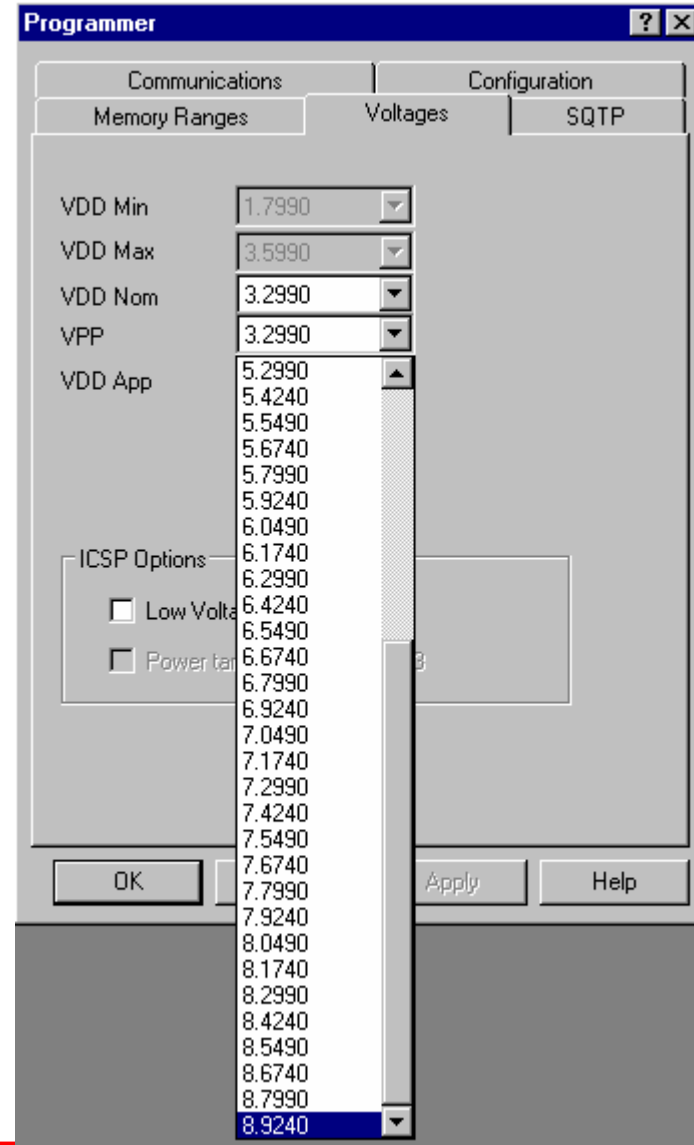
## 在线仿真器

- 支持编程
- 支持调试
- 无需外部元件



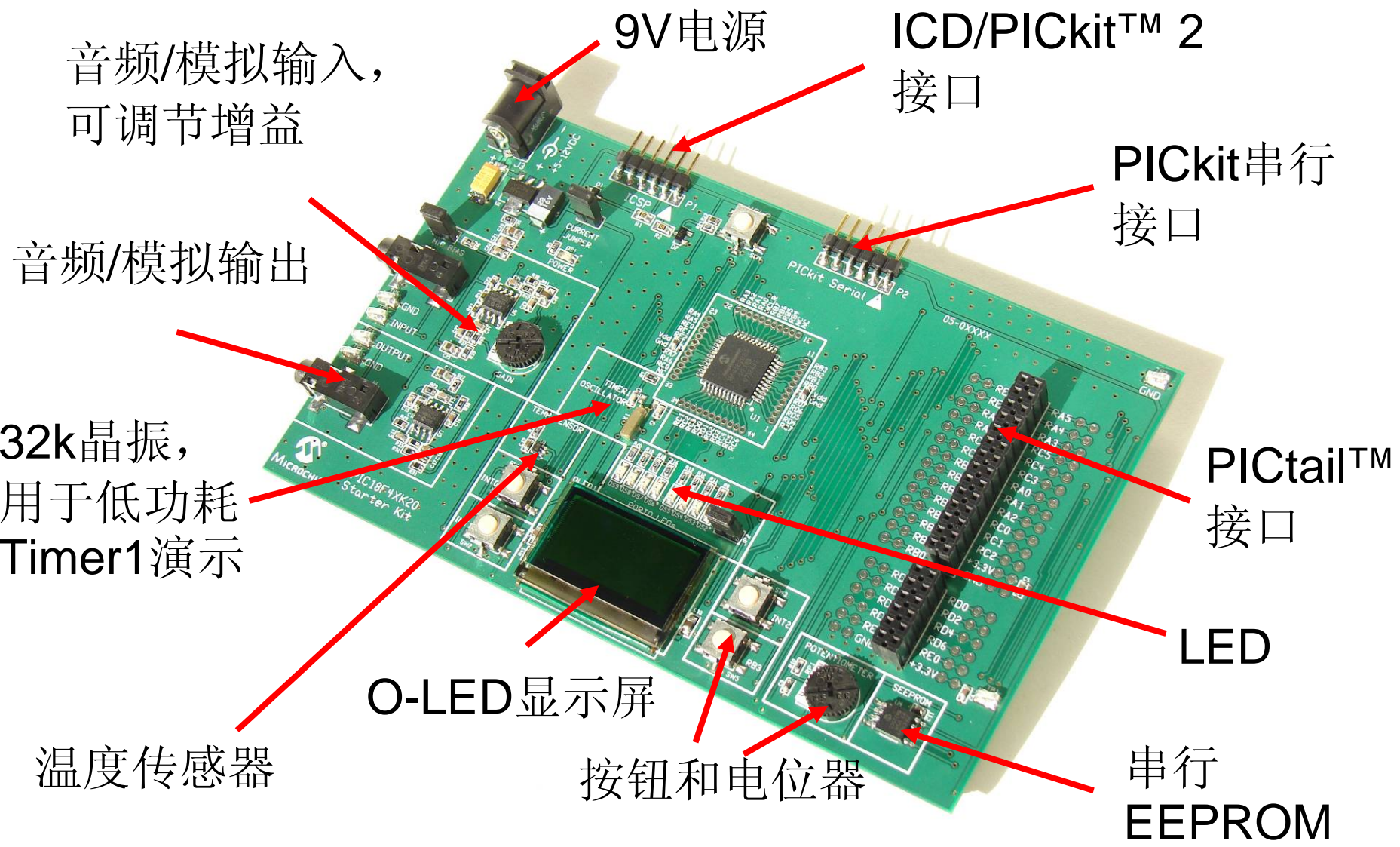
# MPLAB<sup>®</sup> PM3

- 仅支持编程
- 无需外部元件
- 可以脱离PC机





# PIC18FXXK20演示板





# PICKit™ 串行分析器

- 28引脚演示板附带提供
  - 使用PIC16F886
  - 可连接至PIC18F45K20演示板



# 开发工具

- **MPLAB® ICD 2**
  - 部件号：DV164005
  - 售价：\$159.98
- **PICkit™ 2**
  - 部件号：DV164121
  - 售价：\$49.99
- **PICkit串行分析器**
  - 部件号：DV164122
  - 售价：\$49.99
- **MPLAB® REAL ICE™  
在线仿真器**
  - 部件号：DV244005
  - 售价：\$499.98
- **MPLAB® PM3**
  - 部件号：DV007004
  - 售价：\$895.00
- **PIC18F45K20演示板**
  - 即将推出

# PIC24F低引脚数 系列的新特性

# 课程安排

- 外设引脚选择
  - 定义
  - 它的作用
  - 工作原理
  - 演示
- 新的节能特性

# PIC24F比较

## dsPIC® DSC 系列

dsPIC30F  
30 MIPS  
18 – 80引脚  
最大144 KB闪存

dsPIC33  
40 MIPS  
18 – 100引脚  
最大256 KB闪存

PIC24H  
40 MIPS  
18 – 100引脚  
最大256 KB闪存

PIC24F  
16 MIPS  
28 – 100引脚  
最大128 KB闪存

PIC18  
10 MIPS  
18 – 100引脚  
最大128 KB闪存

PIC10、PIC12 和  
PIC16: 5 MIPS  
6 – 64引脚  
< 16 KB闪存

## PIC® MCU 系列

集成

性能

# 外设引脚选择 (PPS)

# 外设引脚选择

## ● 它是...

- 一种引脚复用方式，允许用户从一个引脚所具备的多重数字功能中进行选择
- 允许优化使用板载外设
- 允许通过软件重新定义引脚

## ● 它不是 ...

- 不是一种实现引脚兼容性的方式
- 模拟和特殊引脚（例如PMP和I2C™）仍是固定的

# 为什么我们需要这样功能？ 应用示例

- 存储器

- 64K闪存
- 8K RAM

- 模拟

- 2通道ADC
- Vref +&-
- 比较器 x 2

- 数字I/O

- 4个I/O

- 串行通道

- I<sup>2</sup>C™ x 2
- SPI x 2
- UART x 2

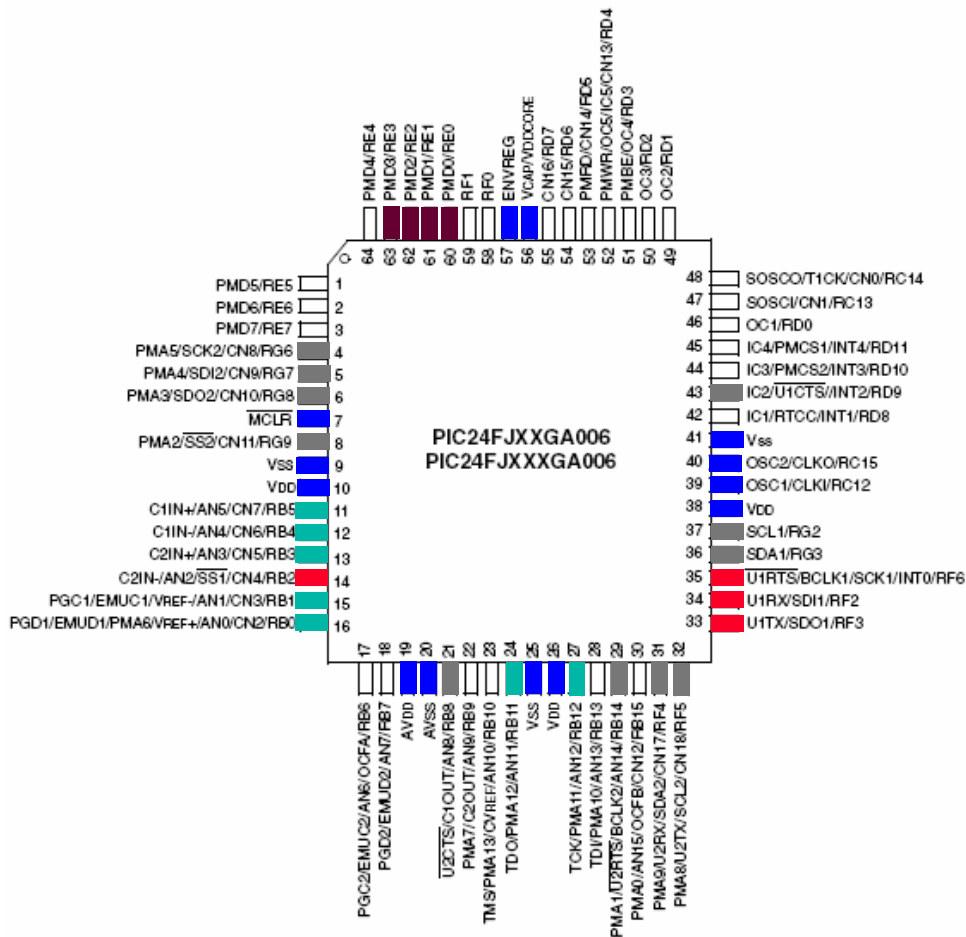
很简单...

是吧？



# 为什么我们需要这样功能？ 应用示例

64-Pin TQFP



## ● 应用

- 64 KB 闪存、8 KB RAM
- 2 通道A/D，外部VREF
- 2个比较器
- 2个UART、1个I<sup>2</sup>C™和2个SPI
- 4 个数字I/O

## ● 引脚复用模块功能

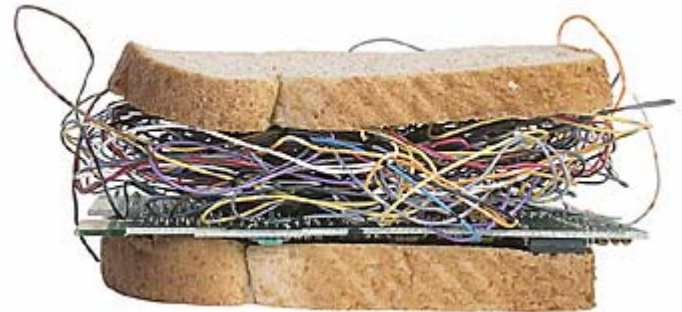
- UART1和SPI1
- 比较器2和SPI1

## ● 空余25个引脚

- 必须使用引脚数更大的器件
- 或通过软件对SPI执行写操作

# 外设重映射

- 设计方面的挑战
  - 灵活性
  - 配置的简单性
  - 外设优先级
  - 限制外设
  - 安全性



# 可重映射的功能

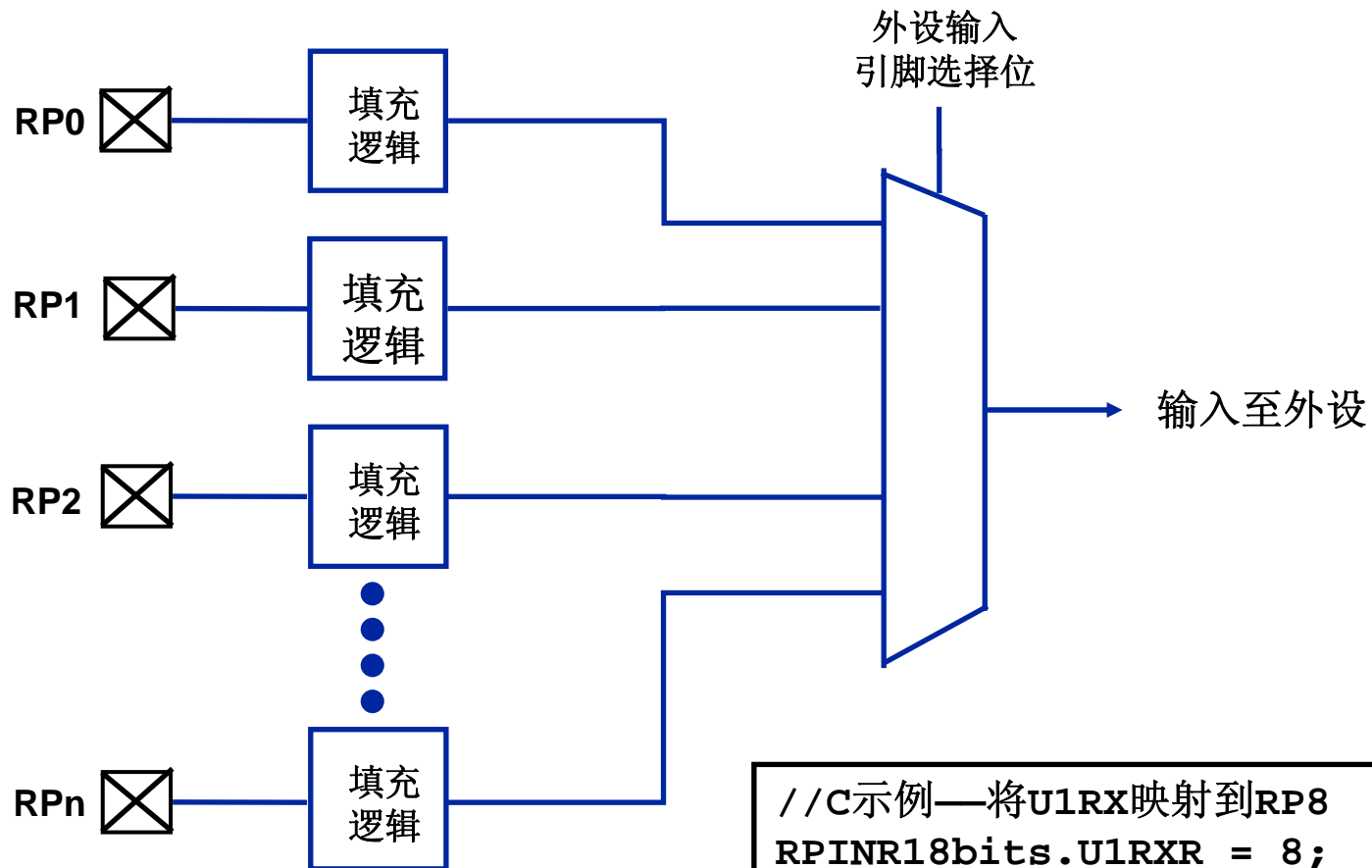
## 16位MCU和dsPIC<sup>®</sup> DSC

- 所有**SPI**和**UART**功能
- 定时器和外部中断输入
- 输入捕捉和输出比较
- 模拟比较器输出
- **PWM**故障输入引脚
- 正交编码器接口输入
- 数据转换器接口
- **CAN**

# PPS实现详细信息

- 任何功能都可以重映射到任何**RP**引脚
  - 支持在一个引脚上实现多种功能
- 输入与输出
  - 输入将引脚分配到特定外设
  - 输出将外设分配到特定引脚
- 引脚输出在软件中设置
  - 允许动态配置或一次性配置

# 可重映射的输入



# 可重映射的输入

寄存器 9-9: **RPINR18: 外设引脚选择输入寄存器 18**

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	U1CTSR4	U1CTSR3	U1CTSR2	U1CTSR1	U1CTSR0
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	U1RXR4	U1RXR3	U1RXR2	U1RXR1	U1RXR0
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = 上电复位时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-13

未实现: 读为 0

bit 12-8

**U1CTSR4:U1CTSR0:** 将 UART1 允许发送 (U1CTS) 分配给相应的 RPn 引脚的位

bit 7-5

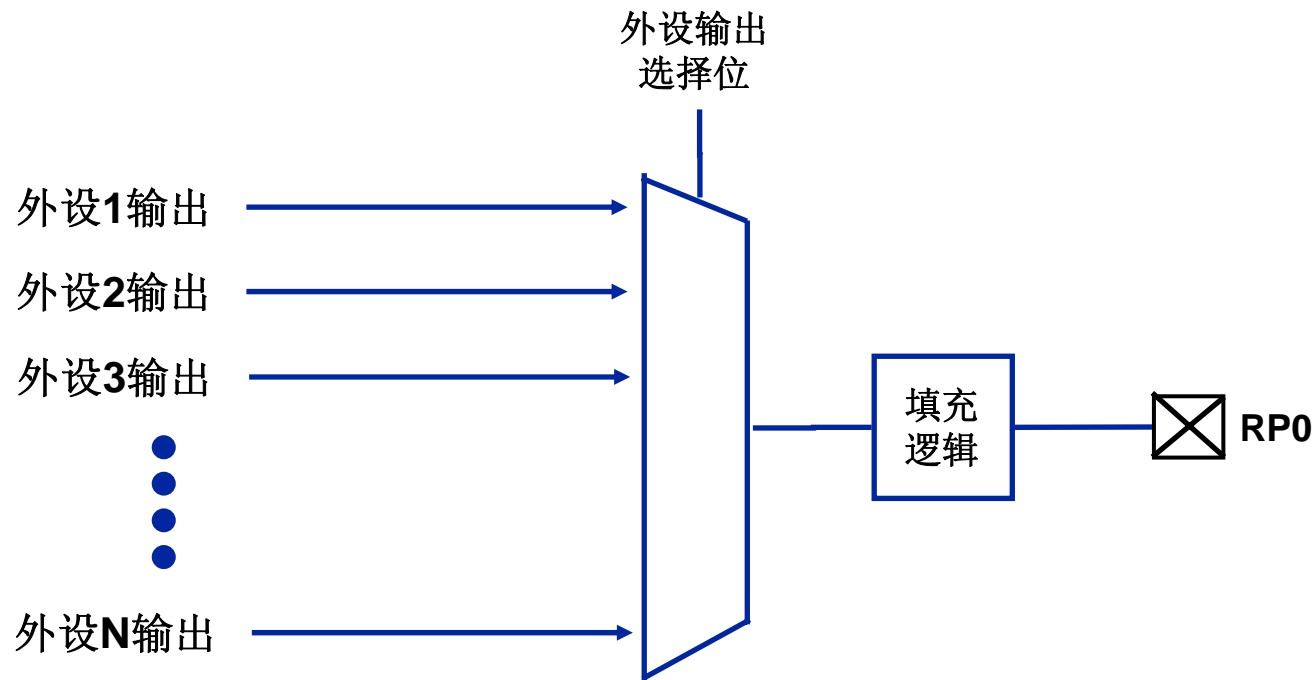
未实现: 读为 0

bit 4-0

**U1RXR4:U1RXR0:** 将 UART1 接收 (U1RX) 分配给相应的 RPn 引脚的位

通过修改**RPINRn**寄存器中的**xxxxR**位, 定义所使用的每个功能的位置

# 可重映射的输出



```
//C示例—将U1TX映射到RP1  
RPOR0bits.RP1R = 3
```

# 可重映射的输出

功能	输出功能编号 (1)	输出名称
NULL <sup>(2)</sup>	0	空
C1OUT	1	比较器 1 输出
C2OUT	2	比较器 2 输出
U1TX	3	UART1 发送
$\overline{U1RTS}$ <sup>(3)</sup>	4	UART1 请求发送
U2TX	5	UART2 发送
$\overline{U2RTS}$ <sup>(3)</sup>	6	UART2 请求发送
SDO1	7	SPI1 数据输出
SCK1OUT	8	SPI1 时钟输出
SS1OUT	9	SPI1 从选择输出
SDO2	10	SPI2 数据输出
SCK2OUT	11	SPI2 时钟输出
SS2OUT	12	SPI2 从选择输出
OC1	18	输出比较 1
OC2	19	输出比较 2
OC3	20	输出比较 3
OC4	21	输出比较 4
OC5	22	输出比较 5



# 可重映射的输出

寄存器 9-17: RPOR2: 外设引脚选择输出寄存器 2

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	—	RP5R4	RP5R3	RP5R2	RP5R1	RP5R0	
bit 15								bit 8

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	—	RP4R4	RP4R3	RP4R2	RP4R1	RP4R0	
bit 7								bit 0

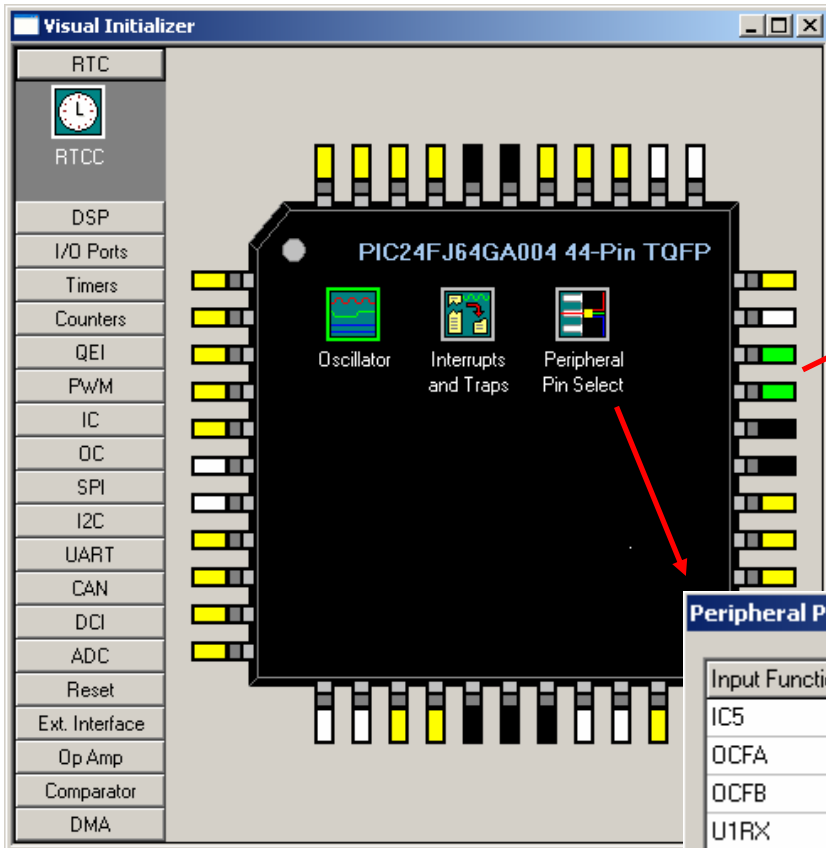
**图注:**

R = 可读位                      W = 可写位                      U = 未实现位, 读为 0  
 -n = 上电复位时的值              1 = 置 1                      0 = 清零                      x = 未知

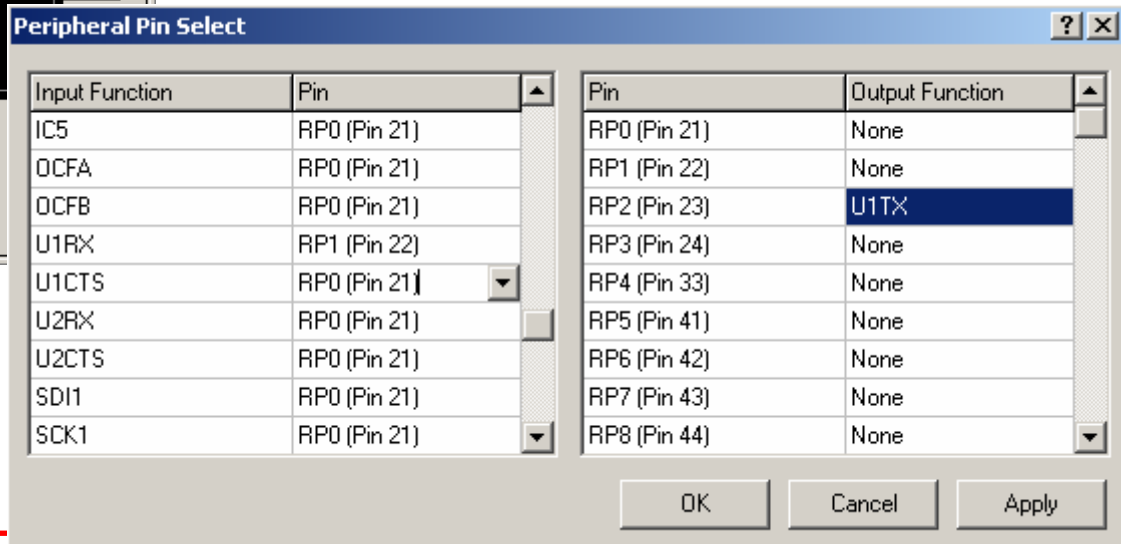
- bit 15-13      未实现: 读为 0
- bit 12-8      **RP5R4:RP5R0:** 将外设输出功能分配给 RP5 输出引脚的位 (见表 9-2 了解外设功能编号)
- bit 7-5        未实现: 读为 0
- bit 4-0        **RP4R4:RP4R0:** 将外设输出功能分配给 RP4 输出引脚的位 (见表 9-2 了解外设功能编号)

**通过修改RPORn寄存器中的RPnR位定义每个引脚上的输出功能**

# 使用VDI重映射引脚



颜色标注显示哪些引脚已用，哪里可能发生冲突



# PPS寄存器保护

- 硬件完整性检查

- 位翻转会导致器件复位

- I/O锁定特性

- RPINRn/RPORN只能在  
OSCCON[IOLOCK] = 0时写入；一旦  
IOLOCK置1，这些寄存器就不能写入

- IOLOCK保护

- IOLOCK位的状态只能用解锁序列更改
- 可通过配置位选择是否启用保护

# 引脚功能优先级

## ● 外设优先级:

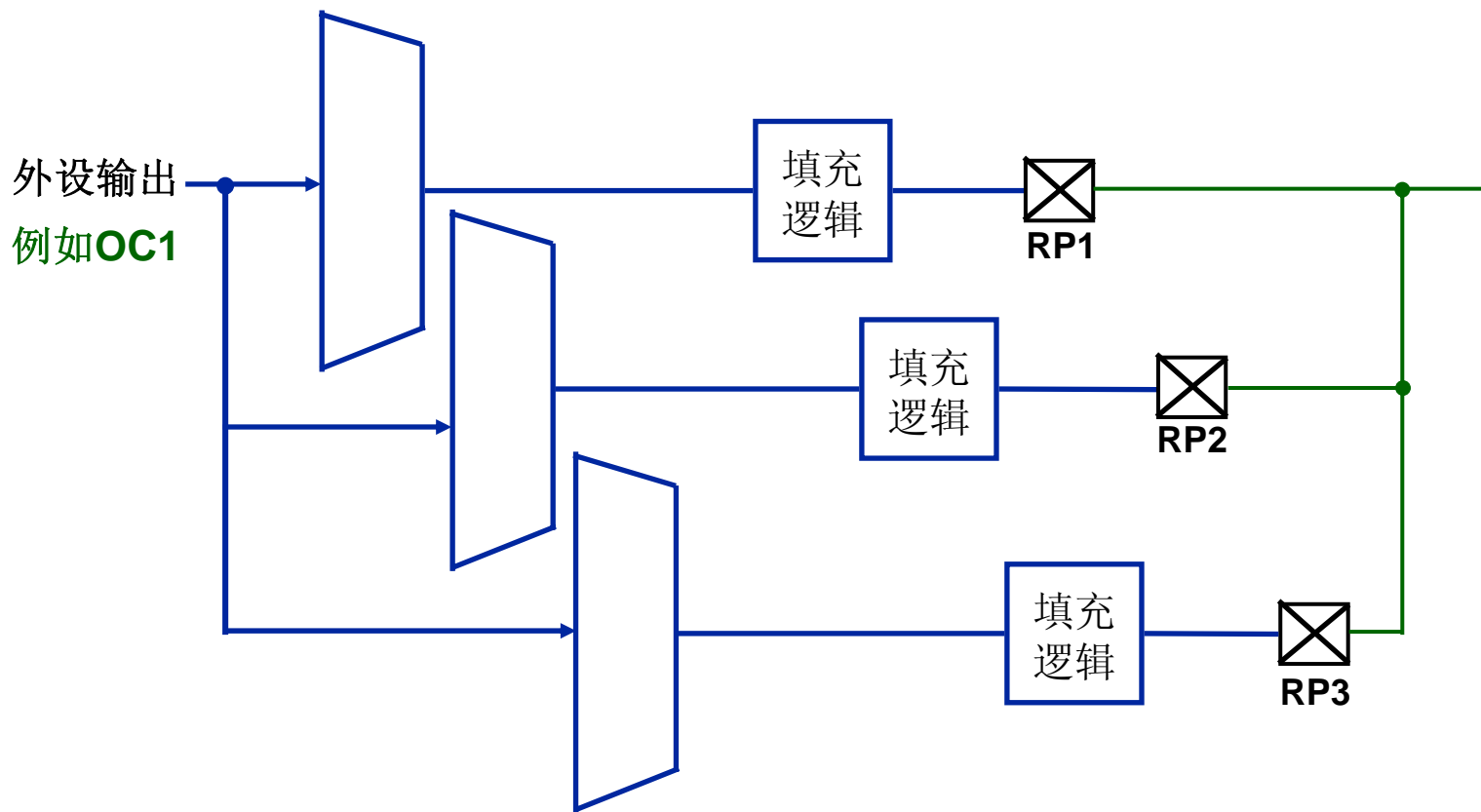
1. 模拟功能 **Anx和Vref+/-**
2. **PPS**输出 **UART TX、SDO和OC**
3. **PPS**输入 **UART RX、SDI和IC**
4. 固定数字外设输出 **I2C和PMP**
5. 固定数字外设输入 **I2C和PMP**

# 初始化PPS应用

- 设计决策：RPn是静态还是动态分配？
  - 相应地设置IOL1WAY配置位
- 通过将RPn引脚映射到所需外设输入/输出功能，初始化引脚
  - 映射RPn引脚→外设输入功能
  - 映射外设输出功能→RPn引脚
  - 用“锁定”序列锁定RPn SFR
- 配置外设
- 允许中断（如果需要）

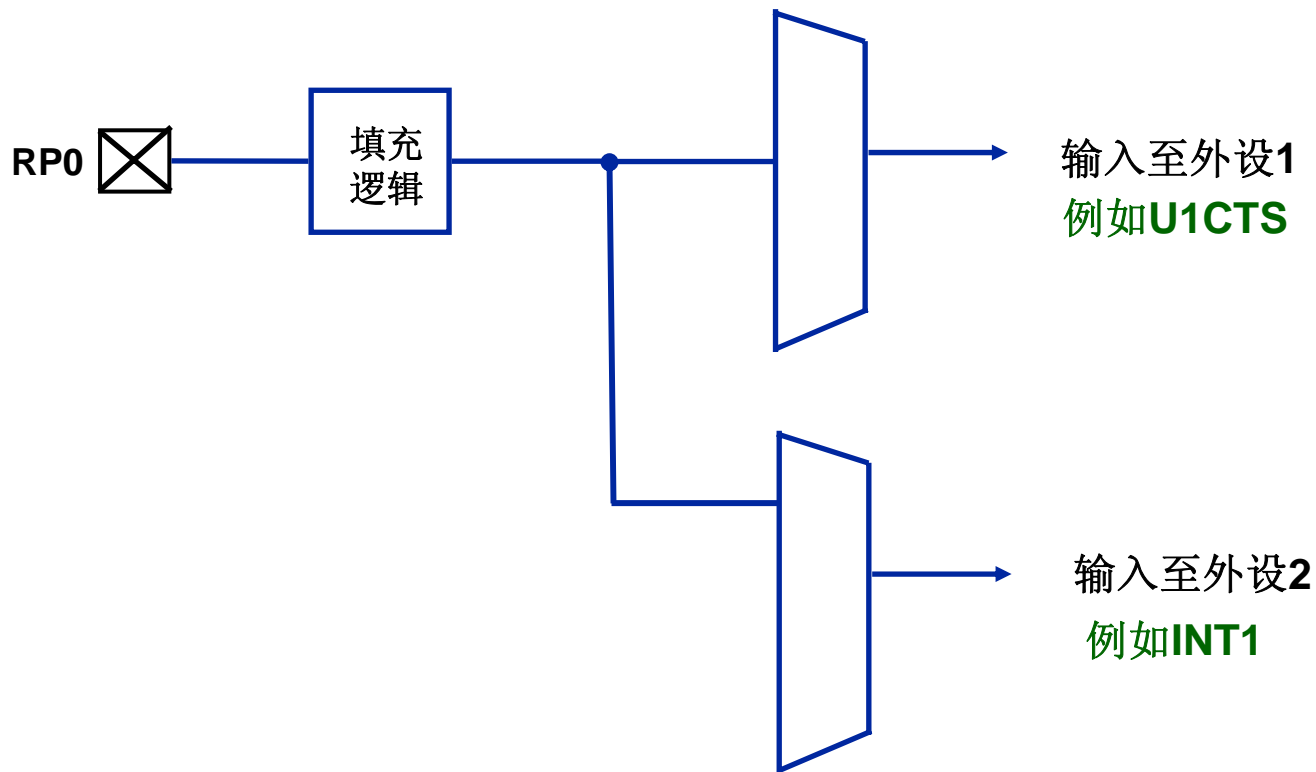
# 很棒的附带效果

- 通过将同一外设的输出映射到多个引脚，提高了驱动能力



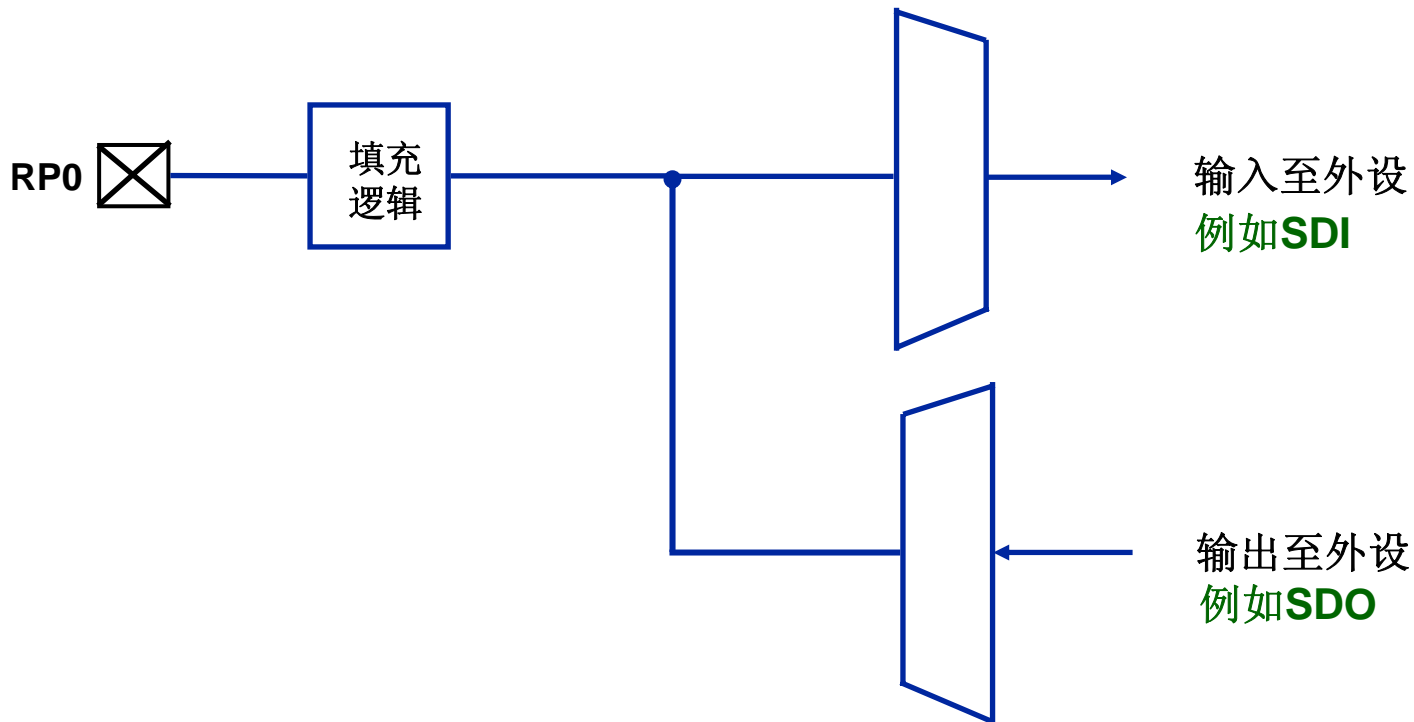
# 很棒的附带效果

- 将一个信号连接到多个外设输入



# 很棒的附带效果

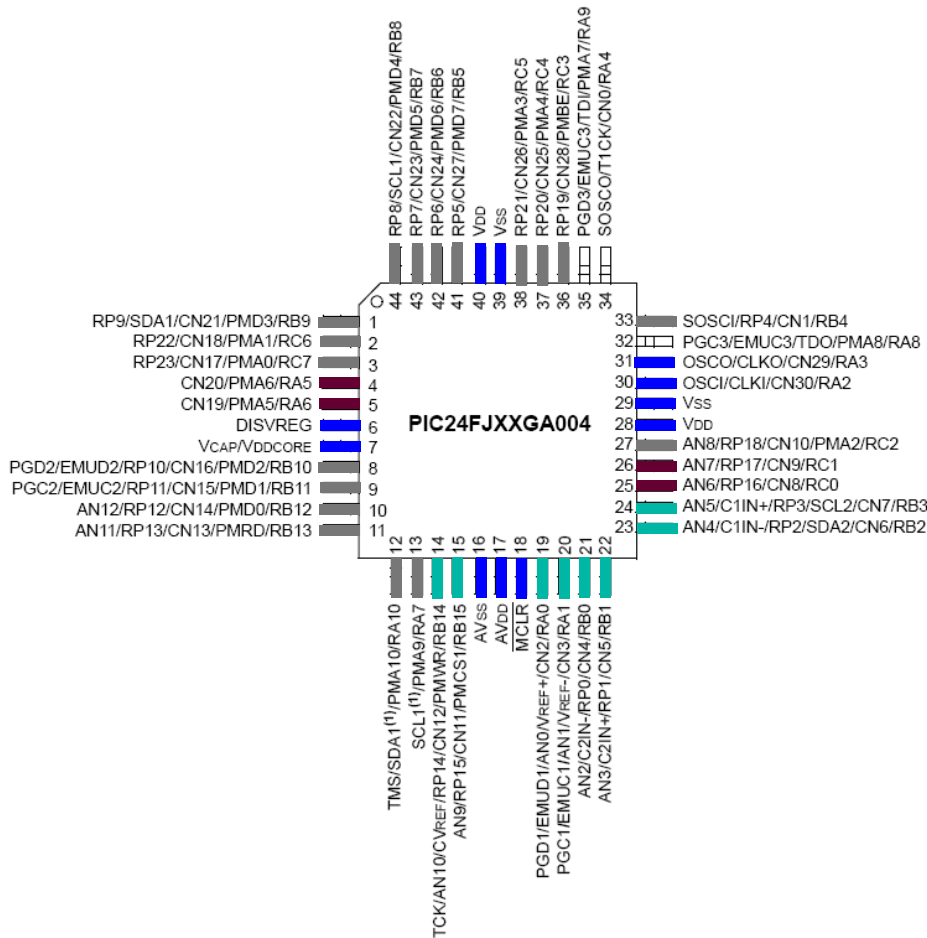
- 将外设输出连接至另一个输入（片内硬件自环回，省去外加片外跳线）以供调试





# 应用示例回顾

44-Pin TQFP



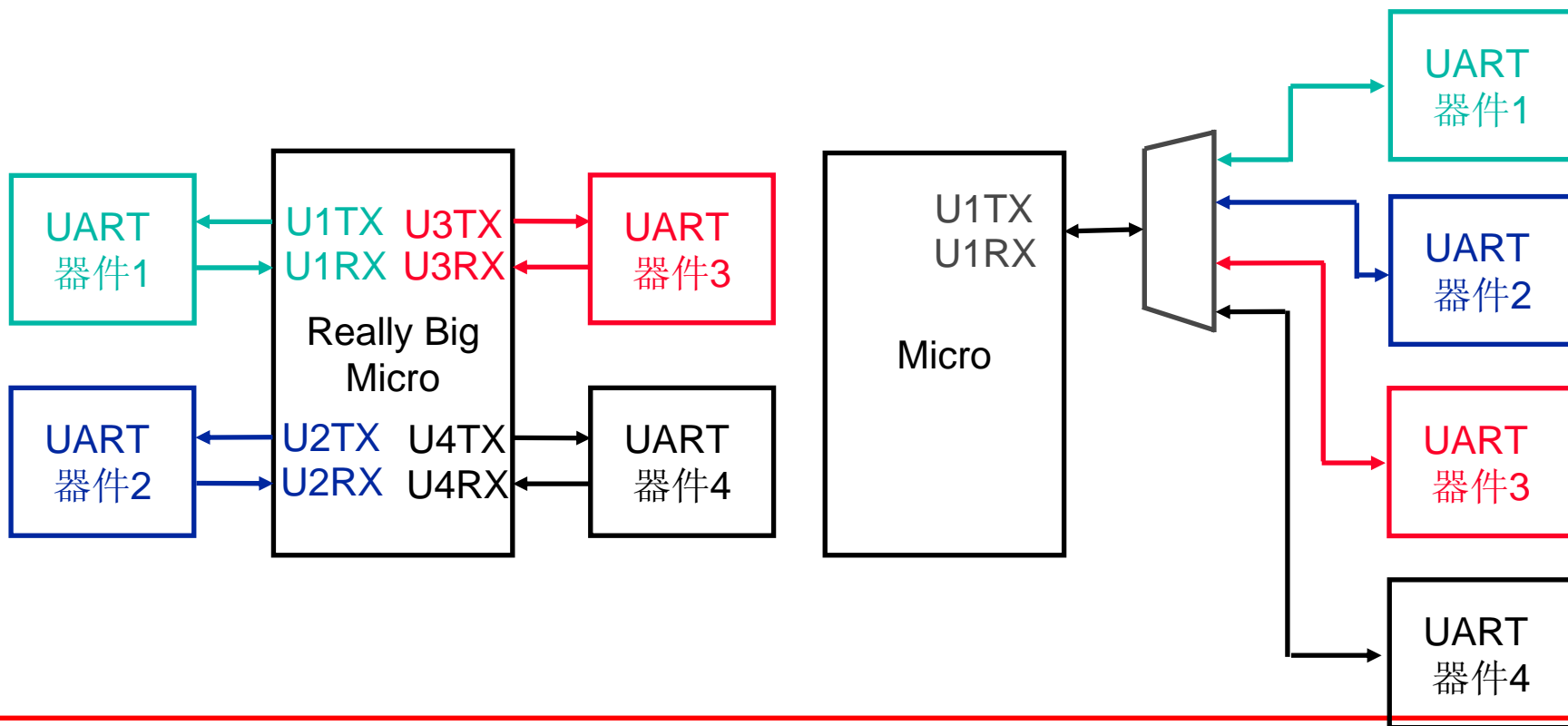
## ● 应用

- 64 KB闪存、8 KB RAM
- 2通道A/D，外部VREF
- 2个比较器
- 2个UART、1个I<sup>2</sup>C™和2个SPI
- 4个数字I/O
- 空余**3**个引脚

封装更小、设计更简单、成本更低！

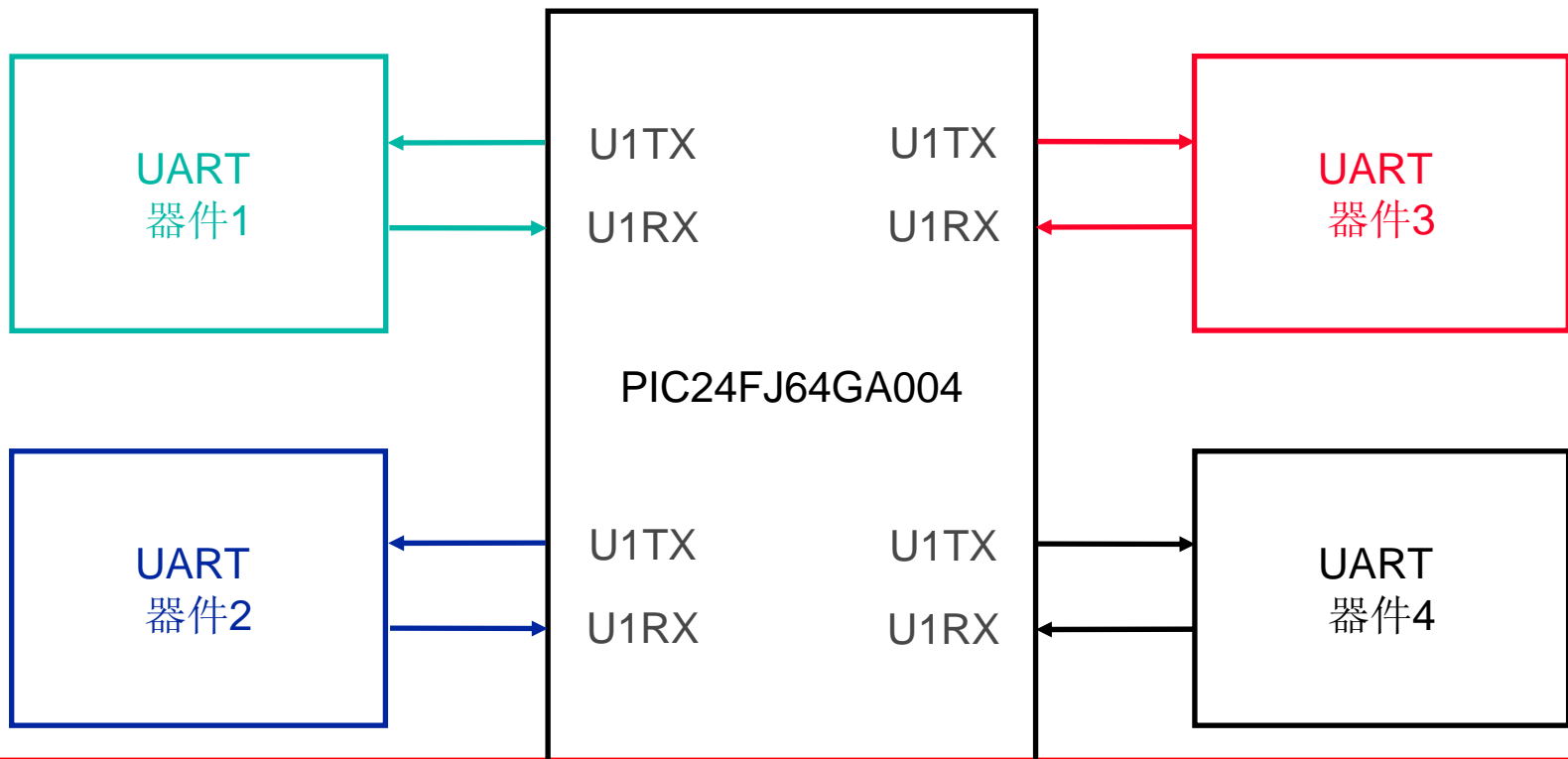
# 应用示例2

- 与多个UART器件通信
- 标准选项:



# 应用示例2

- 与多个**UART**器件通信
- 动态外设重映射：





# 节能特性

# 节能特性： 所有PIC24F器件

- 基于指令
  - 休眠
  - 空闲
  - 打盹
- 时钟切换
- PMD位
  - 在时钟速度较高的条件下很有用
  - $I_{DD}$  (16 MHz, 3.3V) - 17 mA -> 15 mA

# 节能特性： PIC24FJ64GA004系列

## ● 内部稳压器

### — 暂停模式

- 稳压器关断闪存电源，从而减小 $I_{PD}$

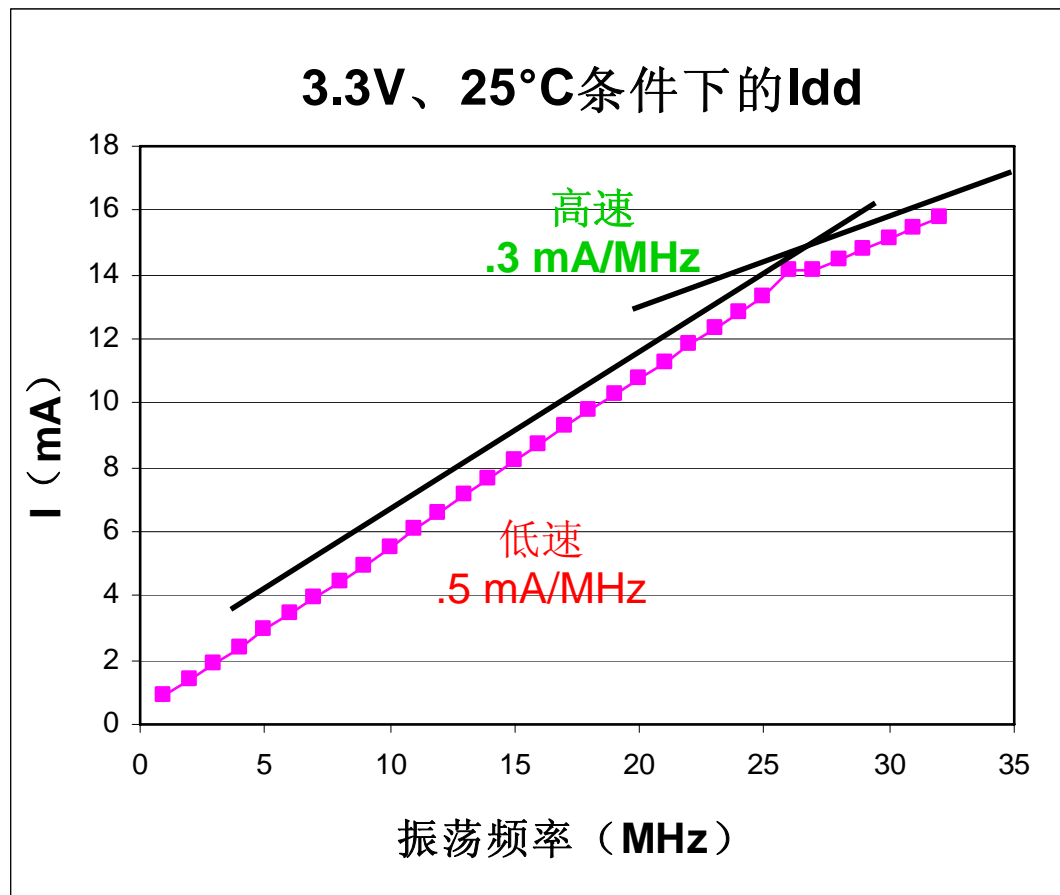
3.3V & 25° C	$I_{PD}$	唤醒
禁止	<b>45 <math>\mu</math>A</b>	<b>10 <math>\mu</math>S</b>
使能	<b>5 <math>\mu</math>A</b>	<b>190 <math>\mu</math>S</b>

### — 跟踪模式

- 当 $V_{DD}$ 低于LVD电平时，稳压器输出跟随 $V_{DD}$ 输入

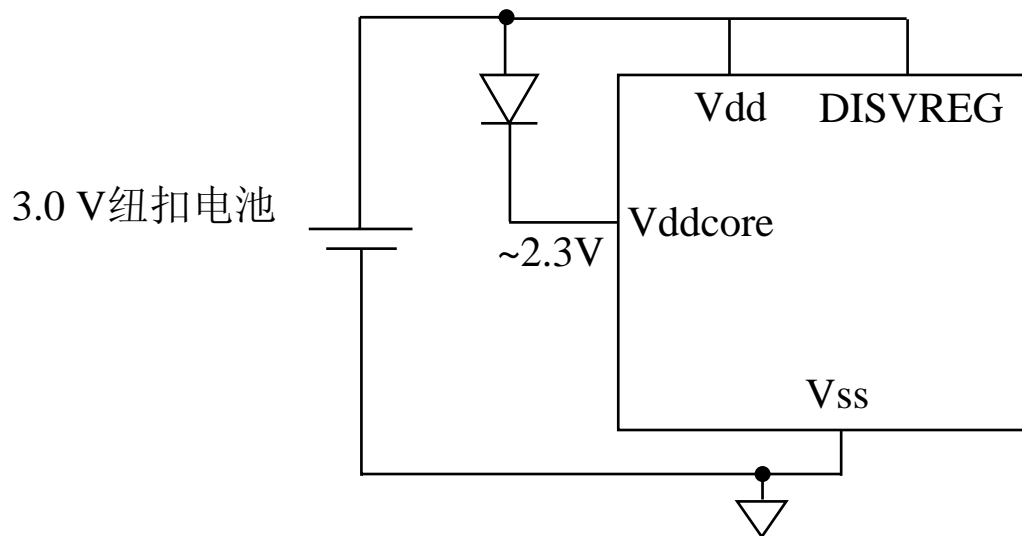
# 节能技巧

- 运行更快
- 32 MHz + 休眠
- 对比
- 恒定8 MHz
- 速度越高，效率越高



# 节能技巧

- 在使用**3V**纽扣电池时实现最大程度省电

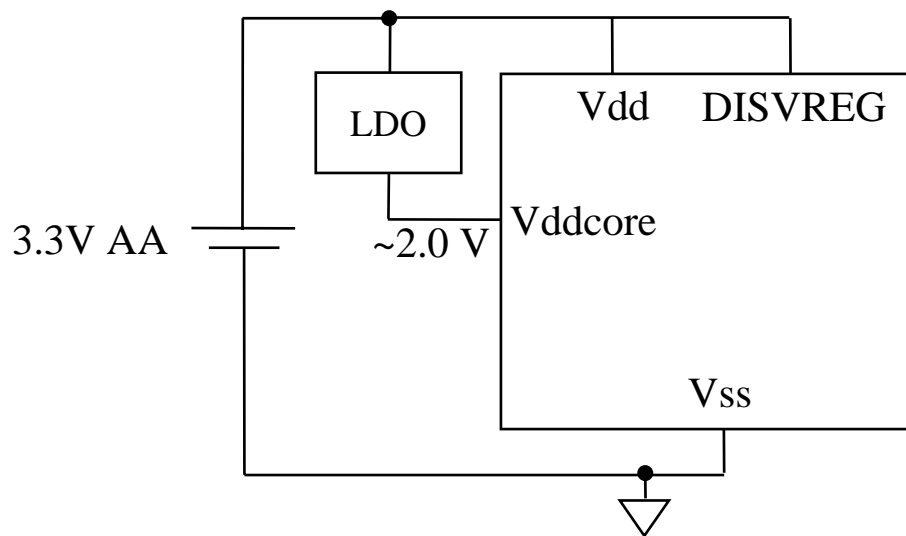


Power-Down Current (IPD): PMD Bits are Set, VREGS Bit is '0'				
.25	1	μA	+25°C	2.5V <sup>(3)</sup>
3.5	10	μA	+25°C	3.3V <sup>(4)</sup>



# 节能技巧

## ● 在使用AA电池时实现最大程度省电



Operating Current (IDD): PMD Bits are Set <sup>(2)</sup>				
4.1	5.4	mA	+25°C	3.3V
2.6	3.4	mA	+25°C	2.0V

4 MIPS

# 总结

- 外设引脚选择特性
  - 增加了应用的灵活性，可使用引脚数最小的器件实现给定的应用
  - 演示
- 节能特性

# 开发工具

- **Explorer 16, 带有 PIC24FJ64GA004 PIM (DM240002)**
- **PIC24FJ64GA004 PIM (MA240013)**
- **16位28引脚入门开发板 (DM300027)**



# 参考资料及辅助读物

- 数据手册和参考手册
  - PIC24FJ64GA004 Data Sheet (DS39881B)
  - PIC24F I/O Pin FRM (DS39711B)
  - PIC24F Programming and Diagnostics FRM (DS39716A)
- **IEEE 1149.1-2001** 规范
- **MASTERS** 课程
  - 11011 EXP、11078 BTP和11025 LIB
- 区域培训中心课程
  - 203 PRC和204 ADV

# 问题？



*Thank You*

欢迎参加其他**MASTERS**课程!

# 商标

**Microchip的名称和徽标组合、Microchip徽标、Accuron、dsPIC、KeeLoq、KeeLoq徽标、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、rfPIC和SmartShunt均为Microchip Technology Incorporated在美国和其他国家或地区的注册商标。**

**AmpLab、FilterLab、Linear Active Thermistor、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、SEEVAL、SmartSensor和The Embedded Control Solutions Company均为Microchip Technology Incorporated在美国的注册商标。**

**Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified徽标、MPLIB、MPLINK、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICTail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock和ZENA均为Microchip Technology Incorporated在美国和其他国家或地区的商标。**

**SQTP是Microchip Technology Incorporated在美国的服务标记。**

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。