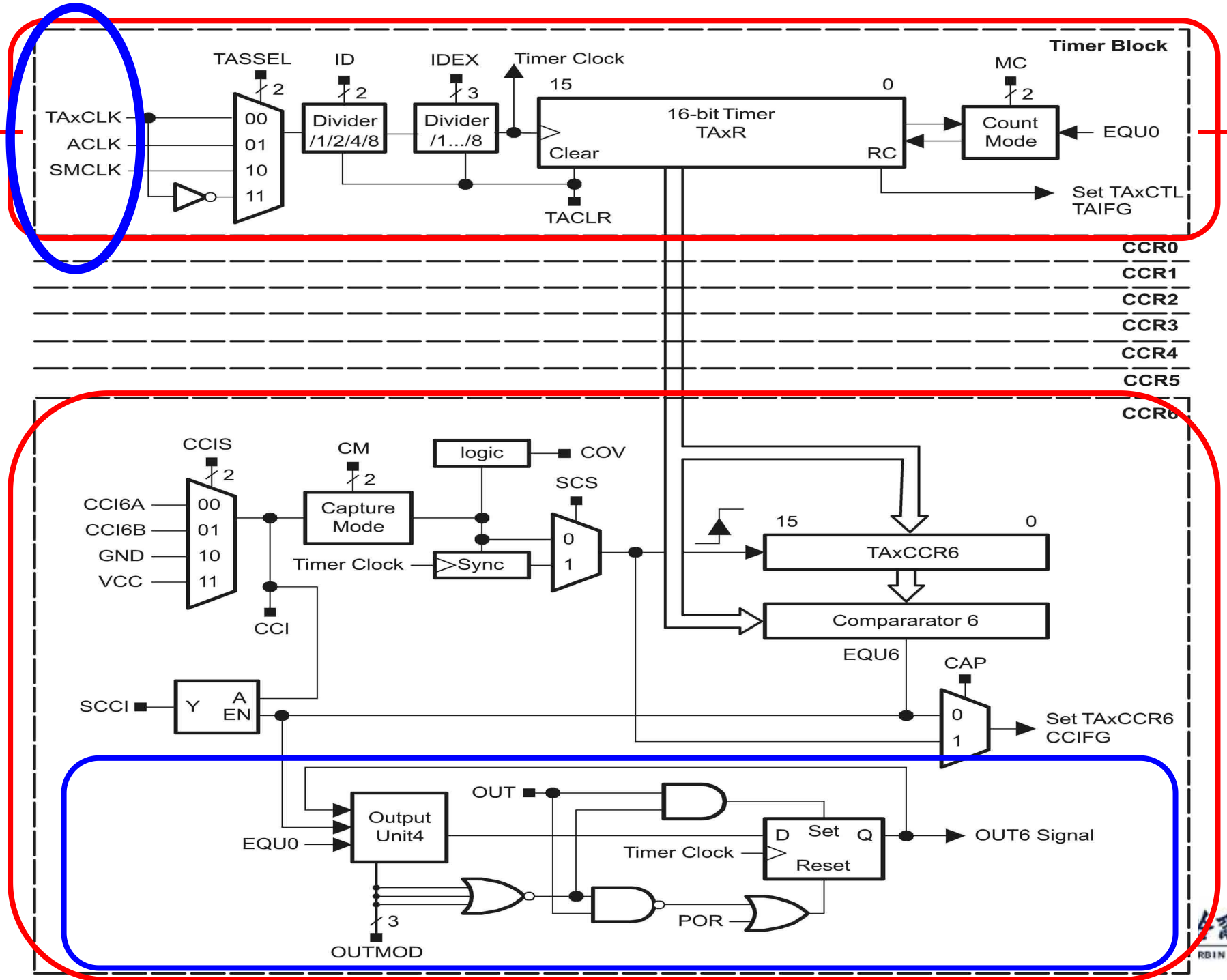
MSP430 第三讲

实验与创新实践教育中心
哈尔滨工业大学（深圳）

本节内容

- 第2讲回顾
- 定时器A典型应用-呼吸灯制作
- 大功率呼吸灯控制
- ADC初步

结构框图



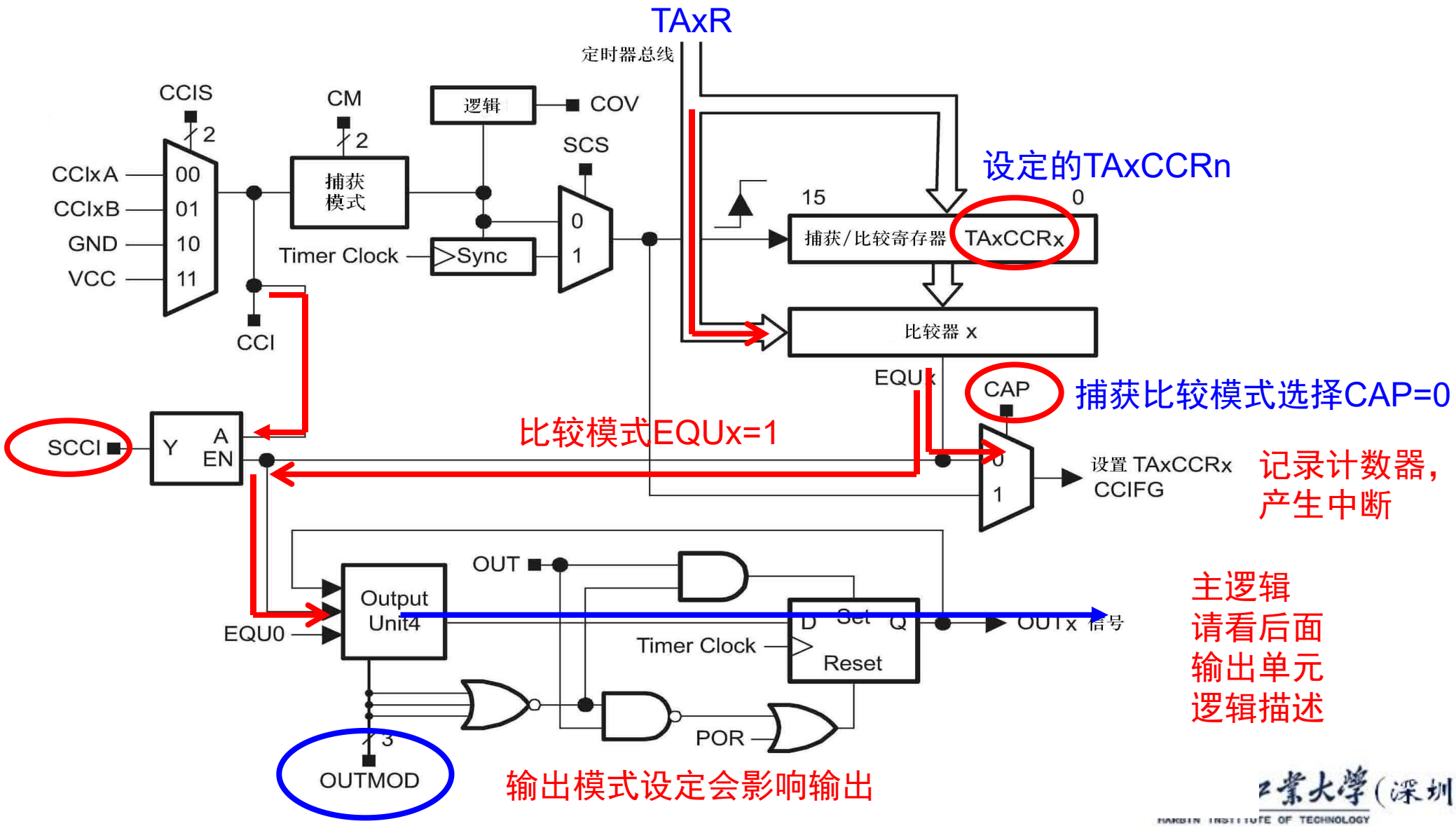
计数器

捕获/比较器

输出单元

哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

捕获/比较模块


TAxR
定时器总线
CCIS
2
CCIxA
CCIxB
GND
VCC
00
01
10
11
CM
2
捕获
模式
Timer Clock
Sync
逻辑
COV
SCS
0
1
CCI
15
0
捕获/比较寄存器
TAxCCRx
设定的TAxCCRn
比较器 x
EQUx
CAP
捕获比较模式选择CAP=0
SCCI
Y
A
EN
比较模式EQUx=1
设置 TAxCCRx
CCIFG
记录计数器，
产生中断
OUT
Output
Unit4
EQU0
D
Set
Q
Reset
Timer Clock
OUTx 信号
主逻辑
请看后面
输出单元
逻辑描述
POR
3
OUTMOD
输出模式设定会影响输出

定时器A寄存器

控制寄存器

捕获比较控制寄存器

计数器

捕获比较寄存器

中断向量寄存器

Table 17-3. Timer_A Registers

Offset	Acronym	Register Name	Type	Access	Reset	Section
00h	TAxCTL	Timer_Ax Control	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.1
02h	TAxCCTL0	Timer_Ax Capture/Compare Control 0	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
04h	TAxCCTL1	Timer_Ax Capture/Compare Control 1	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
06h	TAxCCTL2	Timer_Ax Capture/Compare Control 2	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
08h	TAxCCTL3	Timer_Ax Capture/Compare Control 3	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
0Ah	TAxCCTL4	Timer_Ax Capture/Compare Control 4	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
0Ch	TAxCCTL5	Timer_Ax Capture/Compare Control 5	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
0Eh	TAxCCTL6	Timer_Ax Capture/Compare Control 6	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.3
10h	TAxR	Timer_Ax Counter	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.2
12h	TAxCCR0	Timer_Ax Capture/Compare 0	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
14h	TAxCCR1	Timer_Ax Capture/Compare 1	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
16h	TAxCCR2	Timer_Ax Capture/Compare 2	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
18h	TAxCCR3	Timer_Ax Capture/Compare 3	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
1Ah	TAxCCR4	Timer_Ax Capture/Compare 4	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
1Ch	TAxCCR5	Timer_Ax Capture/Compare 5	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
1Eh	TAxCCR6	Timer_Ax Capture/Compare 6	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.4
2Eh	TAxIV	Timer_Ax Interrupt Vector	Read only	Word	0000h	Section 17.3.5
20h	TAxEX0	Timer_Ax Expansion 0	Read/write	Word	0000h	Section 17.3.6

定时中断

◆ Timer_A中断可由计数器溢出引起，也可以来自捕获/比较寄存器。每个捕获/比较模块可独立编程，由捕获/比较外部信号以产生中断。

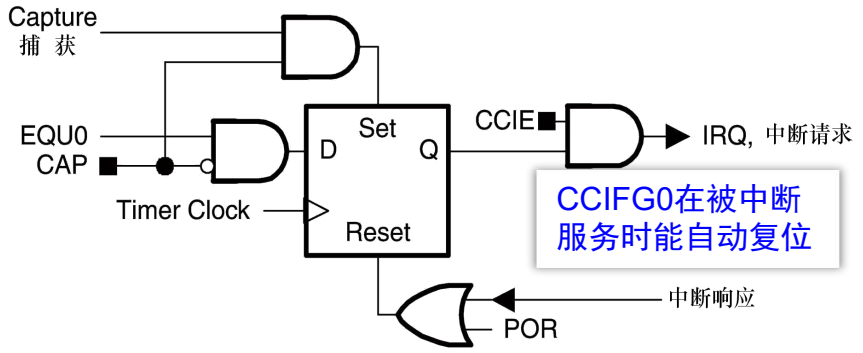
◆ Timer_A模块使用两个中断向量：

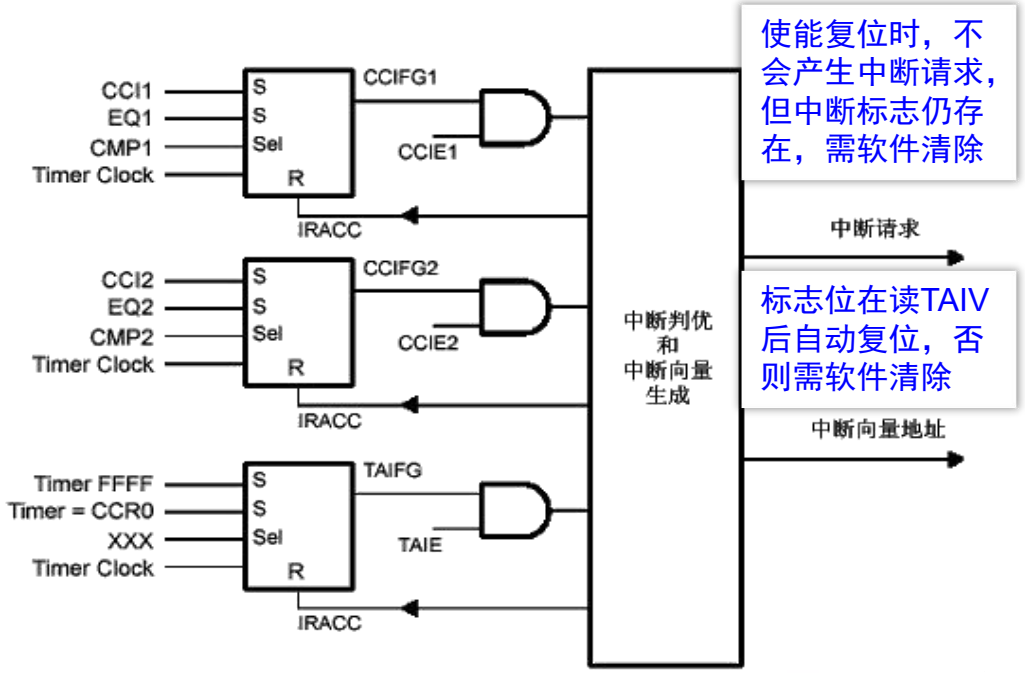
➢ 一个单独分配给捕获/比较寄存器TAxCCR0；

➢ 另一个作为共用中断向量用于定时器和其他的捕获/比较寄存器（TAIV）。

◆ TAxCCR1 ~ TAxCCRx和定时器按照优先次序结合共用一个中断向量，属于多源中断。中断向量寄存器（TAIV）用于确定哪个标志请求中断。（用法可参见用户手册）

◆ TAxCCR1 ~ TAxCCRx中断，如右图所示：





哈爾濱工業大學（深圳）
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

◆ 定时器在增计数模式的输出实例

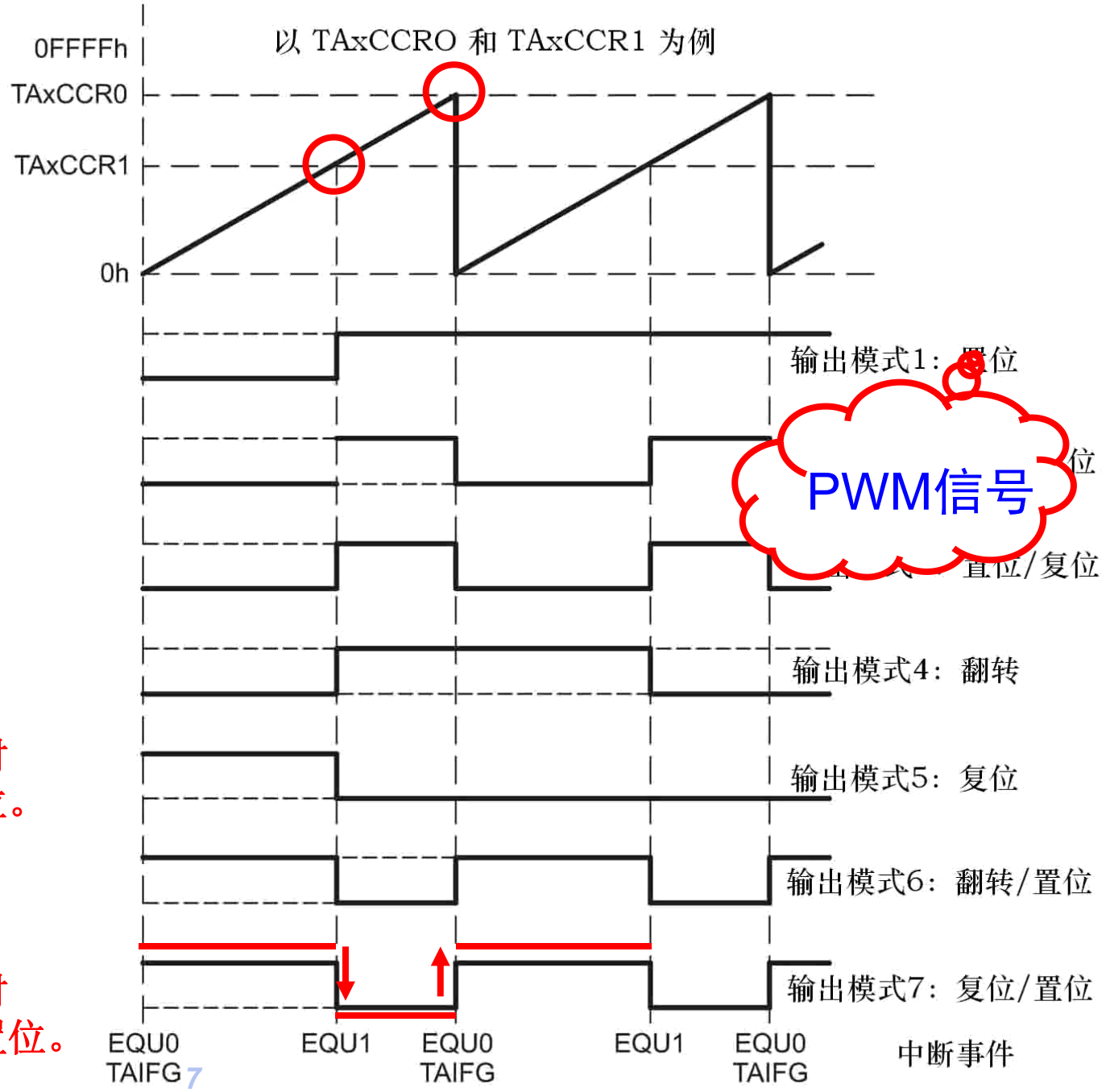
在增计数模式下，当计数器TAxR增加到TAxCCRx或从TAxCCR0计数到0时，OUTn信号按选择的输出模式发生变化。实例如右图所示。

输出模式6：
翻转/置位

输出电平在TAxR的值等于TAxCCRn时翻转，当TAxR值等于TAxCCR0时置位。

输出模式7：
复位/置位

输出电平在TAxR的值等于TAxCCRn时复位，当TAxR的值等于TAxCCR0时置位。



PWM信号用定时器A实现-代码对比

```
int main(void)
{
// stop watchdog timer
WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD;

// ACLK, 清除 TAR，增计数
TA0CTL = TASSEL_1 + TACLR + MC0;

TA0CCR0 = 32

TA0CCTL1 = C
TA0CCR1 = 29

TA0CCTL2 = C
TA0CCR2 = 3277;  //占空比10%

P1DIR |= BIT2;    // P1.2 方向为输出
P1SEL |= BIT2;   // P1.2端口为外设，定时器TA0.1
P1DIR |= BIT3;    // P1.3 方向为输出
P1SEL |= BIT3;   // P1.3端口为外设，定时器TA0.2
}
```

```
int main(void)
{
// stop watchdog timer
WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD;

// SMCLK, 清除 TAR，增计数
TA0CTL = TASSEL_2 + TACLR + MC0;

0.5ms

出模式7

出模式7;
TA0CCR2 = 51;  //占空比10%

P1DIR |= BIT2;    // P1.2 方向为输出
P1SEL |= BIT2;   // P1.2端口为外设，定时器TA0.1
P1DIR |= BIT3;    // P1.3 方向为输出
P1SEL |= BIT3;   // P1.3端口为外设，定时器TA0.2
}
```

对于PWM信号，时钟频率越高，PWM信号周期越小（频率越高），则连续信号的变化越平滑。

让相邻的占空比动起来

提高定时器时钟频率，让占空比从0%~100%~0%动起来！

相邻占空比之间的间隔可用延时函数，便于肉眼看到呼吸过程。

```
__delay_cycles(  ?  );
```

```
void ClockInit()
{//最终MCLK:16MHZ,SMCLK:8MHZ,ACLK:32KHZ
    UCSCTL6 &= ~XT1OFF;        //启动XT1
    P5SEL |= BIT2 + BIT3;      //XT2引脚功能选择
    UCSCTL6 &= ~XT2OFF;        //打开XT2
    __bis_SR_register(SCG0);
    UCSCTL0 = DCO0+DCO1+DCO2+DCO3+DCO4;
    UCSCTL1 = DCORSEL_4;  //DCO频率范围在28.2MHZ以下
    UCSCTL2 = FLLD_5 + 1;        //D=16, N=1

    //n=8,FLLREFCLK时钟源为XT2CLK;
    //DCOCLK=D*(N+1)*(FLLREFCLK/n);
    //DCOCLKDIV=(N+1)*(FLLREFCLK/n);
    UCSCTL3 = SELREF_5 + FLLREFDIV_3;

    //ACLK的时钟源为DCOCLKDIV,
    //MCLK\SMCLK的时钟源为DCOCLK
    UCSCTL4 = SELA_4 + SELS_3 +SELM_3;

    //ACLK由DCOCLKDIV的32分频得到,
    //SMCLK由DCOCLK的2分频得到
    UCSCTL5 = DIVA_5 +DIVS_1;
}
```

课堂实验3.1

使用提供的时钟接口，将SMCLK时钟频率提高到8MHz， SMCLK做定时器A的时钟。请制作一个自动呼吸灯，让主板LED1自由呼吸，思路不限，示例现象如图：

本节内容

- 第2讲回顾
- 定时器A典型应用-呼吸灯制作
- 大功率呼吸灯控制
- ADC初步

PWM信号用定时器A实现-呼吸灯实验任务

- **课堂实验3.2：**

利用定时器A输出PWM信号的功能，完成可控制的呼吸灯的制作，LED灯可使用P1.0灯。占空比的调节（增大、减小），可使用主循环方式，或者定时器中断方式来实现。

- **注意：**

（1）占空比的调节条件，使用一个函数接口实现，可以是按键的操作，或者任何可判断的条件

（2）调节占空比的时间间隙可以用延时函数，或者中断计时的方式实现

（3）呼吸灯请完成“呼”和“吸”的完整动作。

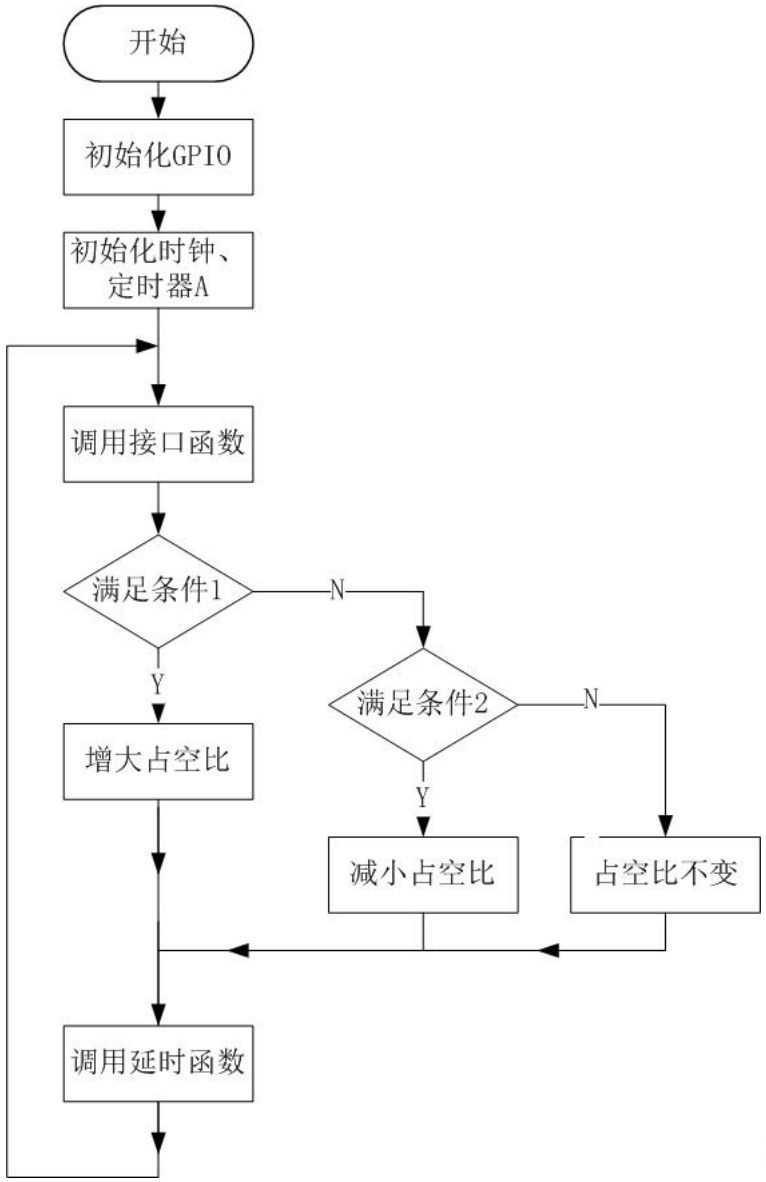
实验现象

示例流程

PWM信号用定时器A实现-呼吸灯实验任务

- 1 主循环查询方式参考流程

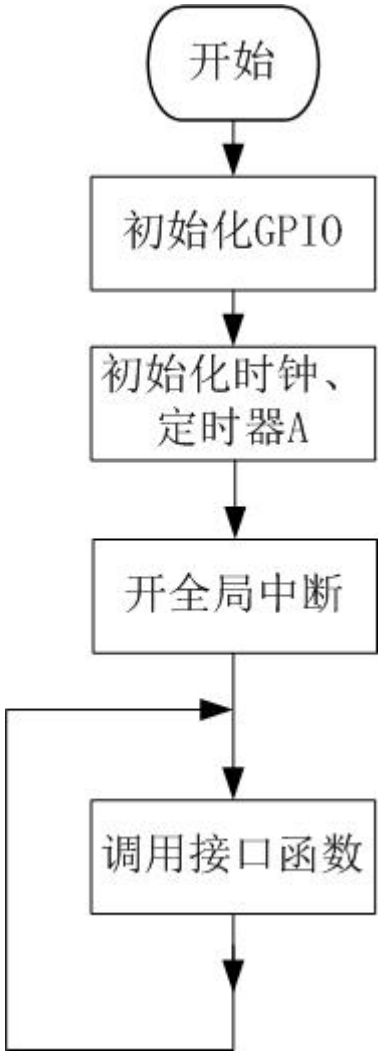
__delay_cycles(x);



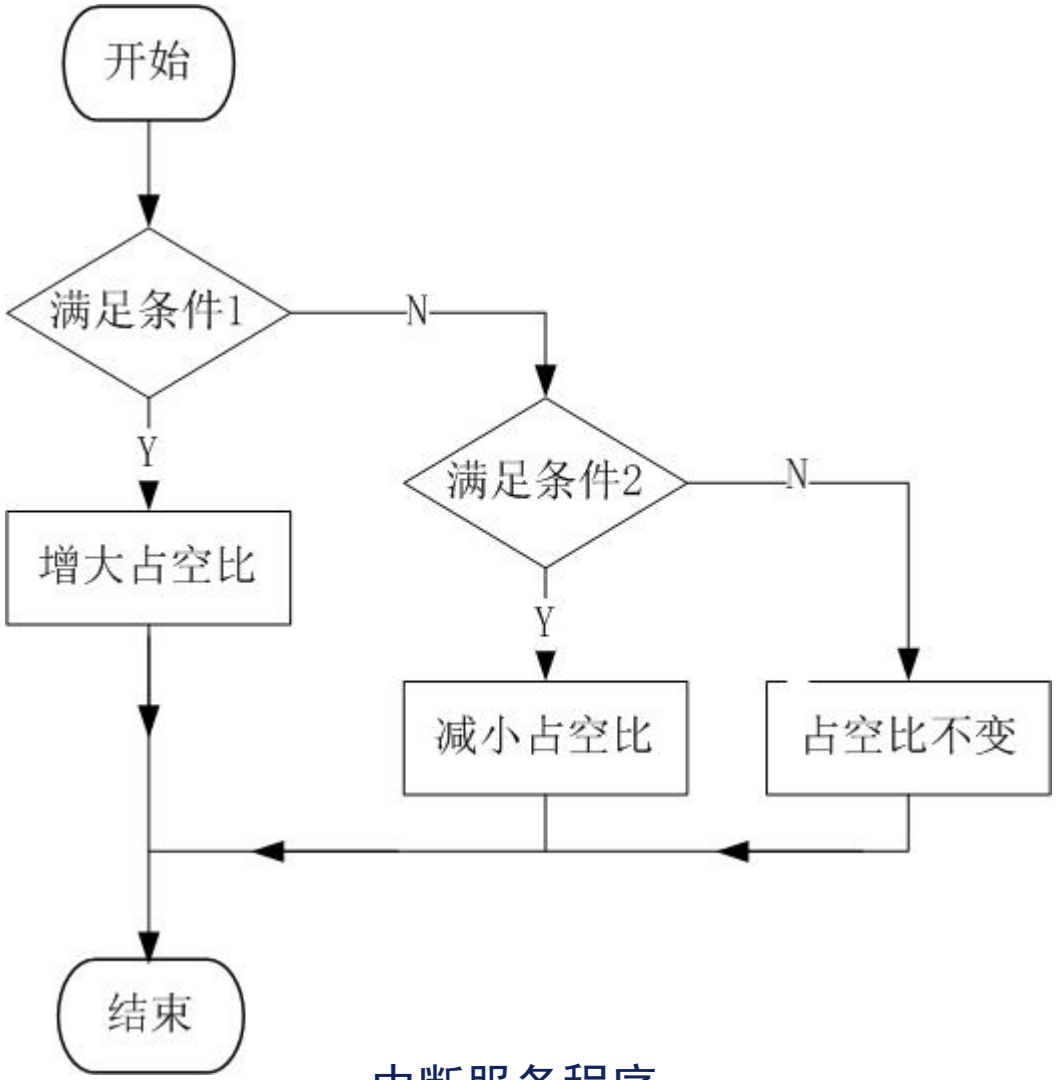
PWM信号用定时器A实现-呼吸灯实验任务

- 1 中断方式

参考流程



主循环



中断服务程序

哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

PWM信号用定时器A实现-呼吸灯实验任务

- **课堂实验3.2：**

利用定时器A输出PWM信号的功能，完成可控制的呼吸灯的制作，LED灯可使用P1.0灯。占空比的调节（增大、减小），可使用主循环方式，或者定时器中断方式来实现。

- **注意：**

（1）占空比的调节条件，使用一个函数接口实现，可以是按键的操作，或者任何可判断的条件

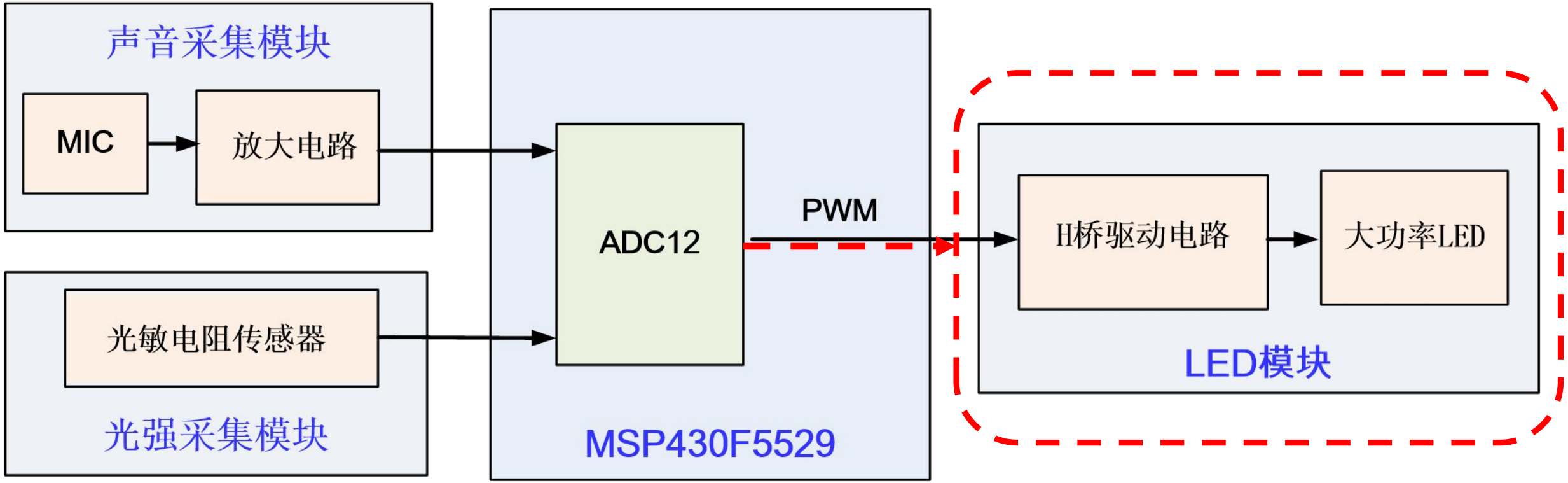
（2）调节占空比的时间间隙可以用延时函数，或者中断计时的方式实现

（3）呼吸灯请完成“呼”和“吸”的完整动作。

本节内容

- 第2讲回顾
- 定时器A典型应用-呼吸灯制作
- 大功率呼吸灯控制
- ADC初步

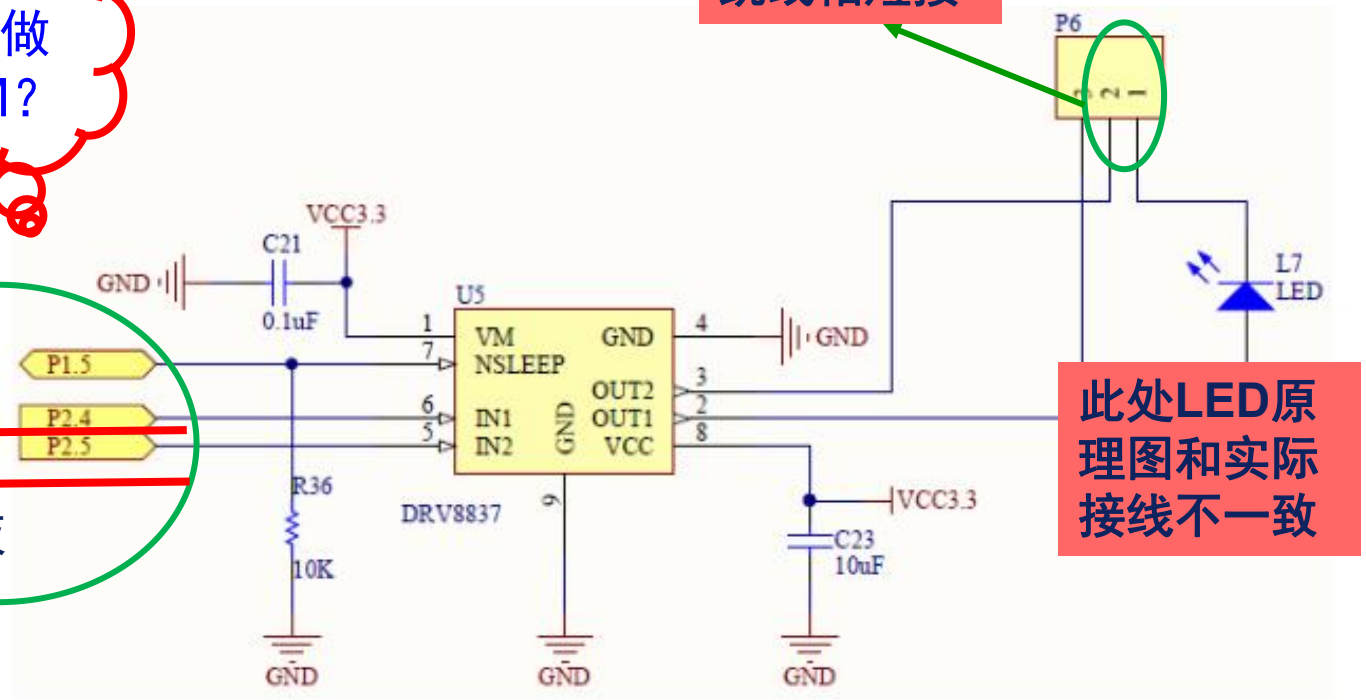
展馆灯光控制系统功能需求分析-大功率LED灯亮度调节



展馆灯光控制系统功能需求分析-大功率LED灯亮度调节

哪一个引脚做PWM？

1 0
0 0
1 0
亮 灭

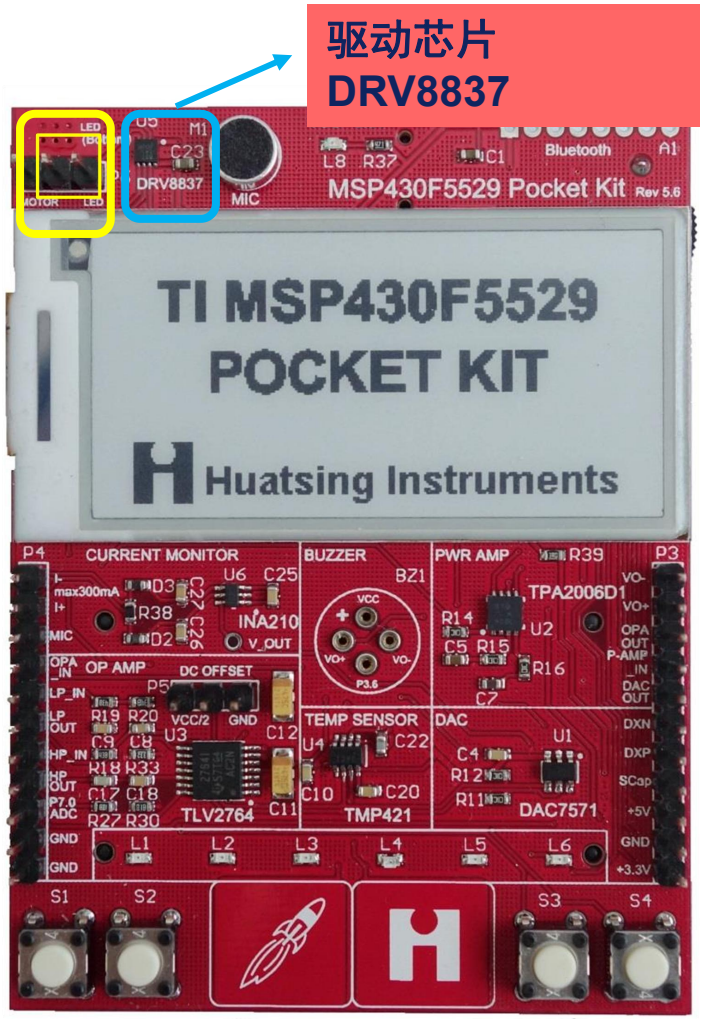


灭

Table 1. DRV8837 Device Logic

nSLEEP	IN1	IN2	OUT1	OUT2	FUNCTION (DC MOTOR)
0	X	X	Z	Z	Coast
1	0	0	Z	Z	Coast
1	0	1	L	H	Reverse
1	1	0	H	L	Forward
1	1	1	L	L	Brake

电路连接：用跳线帽短接图上插针



课堂实验3.3

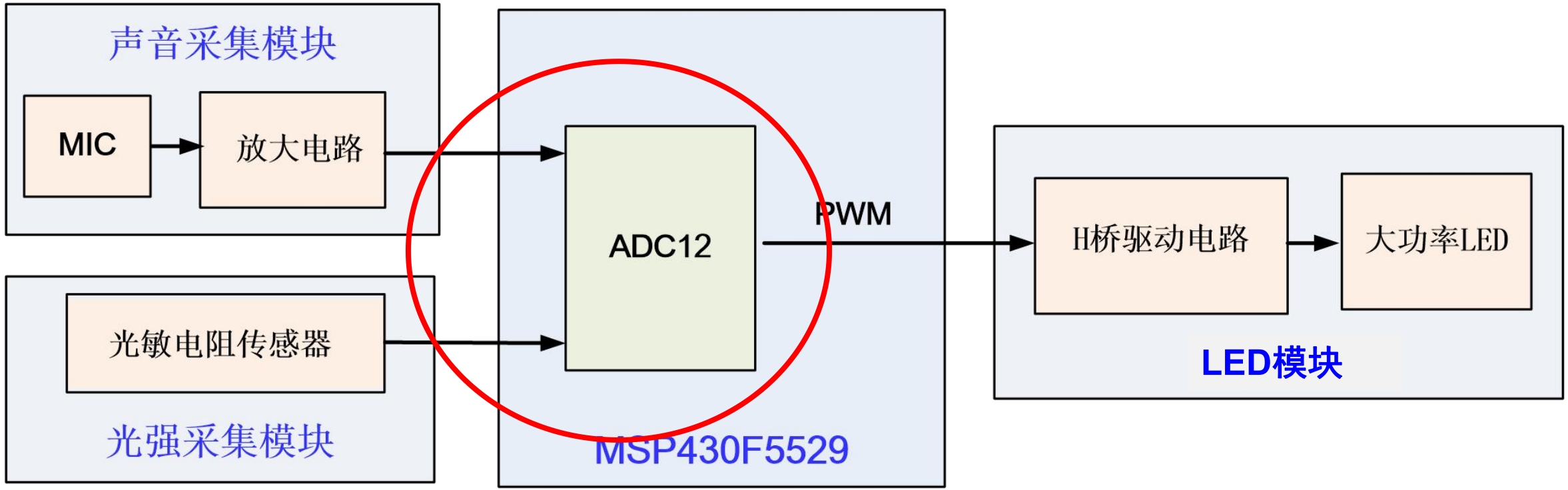
请制作大功率呼吸灯！

要求：（1）自主呼吸，不加控制策略；
（2）添加按键等控制，呼吸可控。

模数转换器（ADC）

实验与创新实践教育中心
哈尔滨工业大学（深圳）

展馆灯光控制系统功能需求分析-总体设计



本节内容

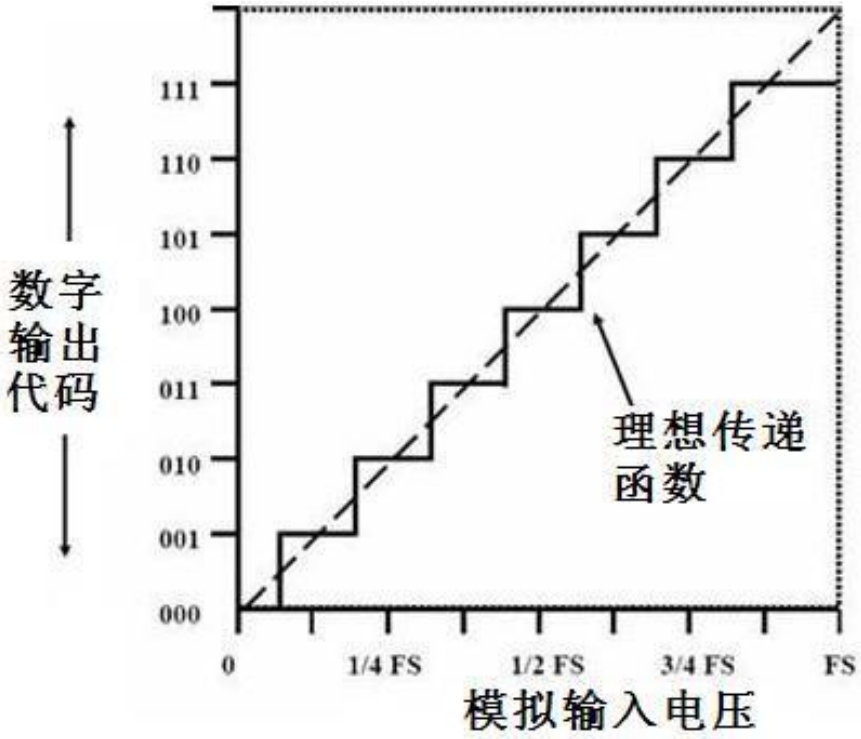
- **ADC工作原理**
  - ADC的基本过程
  - 主要性能指标
- **MSP430 ADC12_A模块**
  - 特点与结构
  - 功能部件
  - 采样转换时序
  - 转换模式
  - 中断
  - 寄存器
- **实验任务**

ADC工作原理

■ 模数转换器(ADC) Analog-to-Digital Converter

模拟量-->数字量的一种电子器件或电路

➢ 模数转换器（ADC）从信号系统中采集信号电压，经过信号处理之后，将其转换为等效的数字量



本节内容

- **ADC工作原理**
  - ADC的基本过程
  - 主要性能指标
- **MSP430 ADC12_A模块**
  - 特点与结构
  - 功能部件
  - 采样转换时序
  - 转换模式
  - 中断
  - 寄存器
- **实验任务**

基本过程

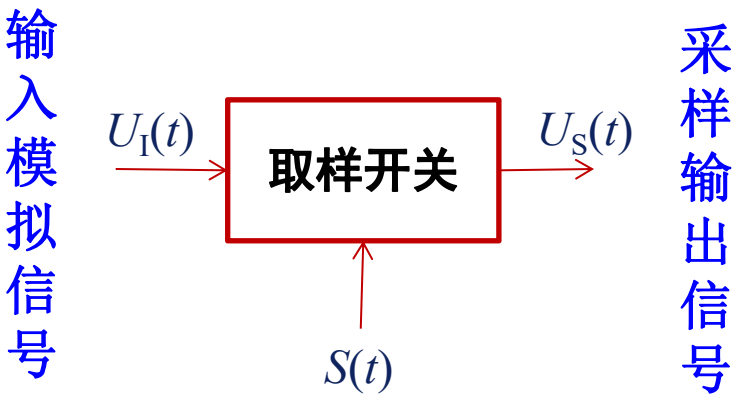
- 模 / 数转换电路的作用是将输入连续变化的模拟信号变换为与其成正比的数字量信号输出。
- 在进行模 / 数(即A / D)转换时，通常按四个步骤进行：

取样 → 保持 → 量化 → 编码

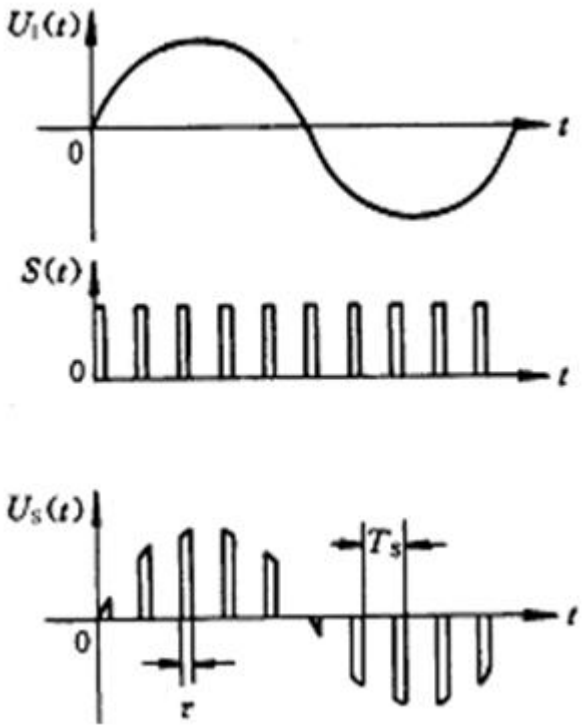
基本过程

1、取样:

所谓取样，就是对模拟信号$U_i(t)$ 进行周期性抽取样值的过程。



$$f_s \geq 2f_{max}$$



哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

基本过程

$$f_s \geq 2f_{max}$$

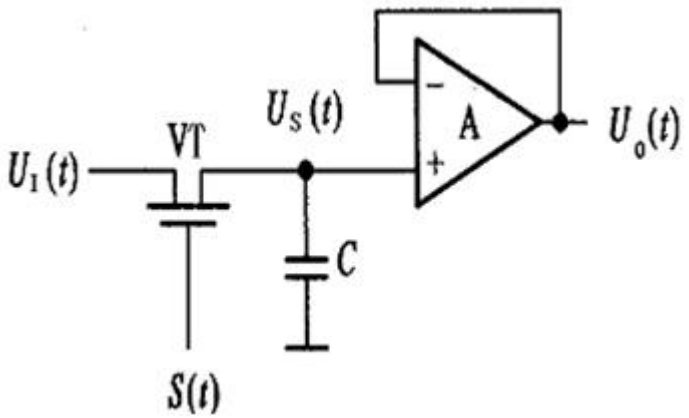
采样定理：在进行模拟/数字信号的转换过程中，当采样频率f_s大于信号中最高频率f_{max}的2倍时($f_s > 2f_{max}$)，采样之后的数字信号完整地保留了原始信号中的信息，一般实际应用中保证采样频率为信号最高频率的2.56～4倍；采样定理又称奈奎斯特定理。

2、保持

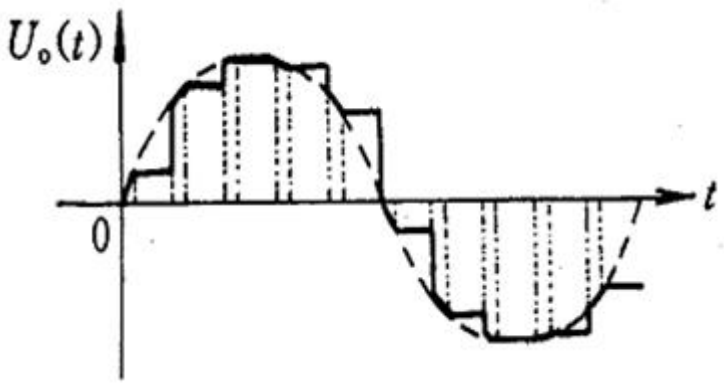
模拟信号经采样后，得到一系列样值脉冲。采样脉冲宽度τ一般是很短暂的，在下一个采样脉冲到来之前，应暂时保持所取得的样值脉冲幅度，以便进行转换。因此，在取样电路之后须加保持电路。

基本过程

取样保持电路



输出波形



①在采样脉冲$S(t)$到来的时间τ内，VT导通，$U_I(t)$向电容C充电，假定充电时间常数远小于τ，则有：$U_O(t)=U_S(t)=U_I(t)$。——采样

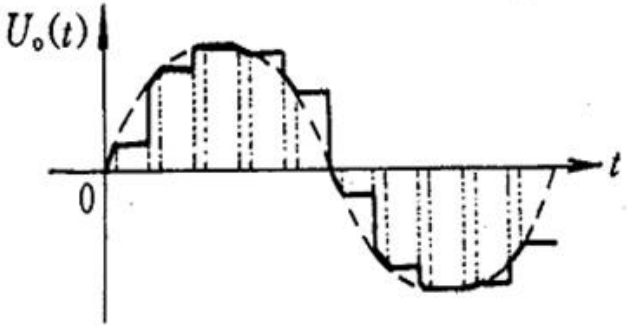
场效应管VT为采样门，电容C为保持电容，运算放大器为跟随器，起缓冲隔离作用。

②采样结束，VT截止，而电容C上电压保持充电电压$U_I(t)$不变，直到下一个采样脉冲到来为止。——保持

哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

基本过程

取样保持后所得**阶梯波**仍是一个可以连续取值的**模拟量**，但n位数字量只能表示2^n个数值。因此，用数字量来表示连续变化的模拟量时就有一个类似于四舍五入的近似问题。



3、量化

用数字信号的最低位1 (LSB)所对应的模拟电压作为量化单位，用Δ表示，将样值电压变换为量化单位(Δ)电压整数倍的过程。

4、编码

量化后的离散量用相应的二进制码表示，称作编码。

数字量计算方法

ADC内核一般要使用两个参考电压V_{R+}和V_{R-}，一般这两个电压可以是用户接入或者是使用内部参考电压。V_{R+}是定义的转换最大值，V_{R-}则是转换最小值。

以12位分辨率为例。

- $V_{in} >= V_{R+}$ **ADC12_A输出满量程值0x0FFF；**
- $V_{in} <= V_{R-}$ **ADC12_A输出0；**
- $V_{R-} < V_{in} < V_{R+}$ **ADC12_A的转换结果满足如下公式：**

$$N_{ADC} = 4095 * (V_{in} - V_{R-})/(V_{R+} - V_{R-})$$

本节内容

- **ADC工作原理**
  - ADC的基本过程
  - 主要性能指标
- **MSP430 ADC12_A模块**
  - 特点与结构
  - 功能部件
  - 采样转换时序
  - 转换模式
  - 中断
  - 寄存器
- **实验任务**

主要性能指标

分辨率 R：

- 可以转换成数字量的模拟电压量的最小值
- 最低有效位（LSB），即分辨率单位： $R = \frac{1}{2^n}$
- 分辨率只是规定了数字量输出的位数，而不是ADC的性能；
- MSP430系列大部分芯片中，都提供了一个高精度ADC：

斜率 ADC；
10，12或14位 ADC；
16位Sigma-Delta（Σ-Δ）型 ADC。

主要性能指标

转换精度

表示模拟电压实际值与其对应数字量的相对误差。

转换时间：

指ADC模块完成一次模拟数字转换所需要的时间，转换时间越短越能适应输入信号的变化。转换时间与ADC模块的结构和位数有关。

ADC的类型

- **模数转换器(ADC)类型：**
  - 逐次逼近型（SAR）；
  - Sigma Delta型 (SD 或 ∑-Δ);
  - 斜率或双斜率型 (Slope 或 Dual Slope);
  - 管道型 (Pipeline);
  - 闪存型 (Flash) ...

课堂提问3.1

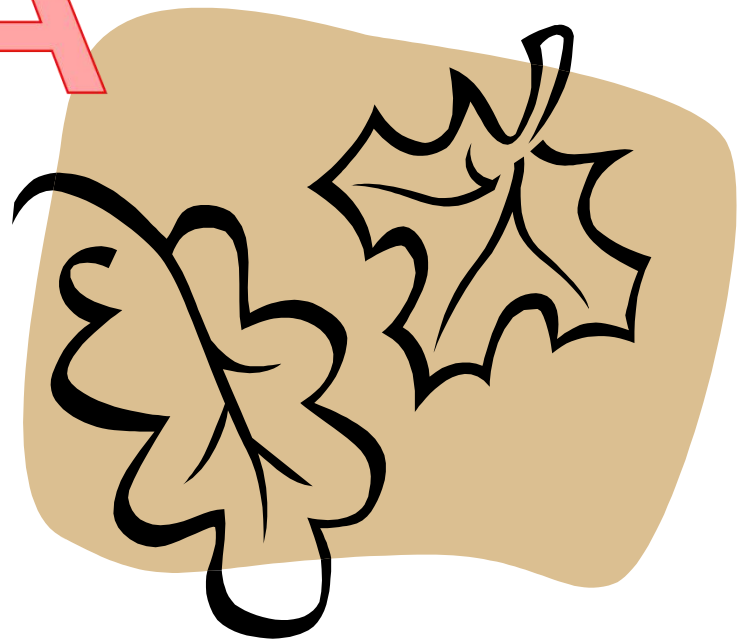
12位AD转换器，采样电压范围为0~3V，则采样转换得到的数字量2048对应的输入信号为多少V?

A. 1V

B. 1.5V

C. 2V

D. 3V

$$N_{ADC} = 4095 * (V_{in} - V_{R-})/(V_{R+} - V_{R-})$$

Q&A