

# TEP#3 - 2 模拟与数字

程飞

# 前情回顾

- 如何扩展键盘
  - 4x4 矩阵键盘
  - 利用并进串出移位寄存器
- 如何扩展OUTPUT接口
  - 利用串进并出移位寄存器 (74HC595)
  - 译码器

# 模拟的世界

- $B = \text{模拟} == \text{真实}; \quad // B \text{ 等于什么?}$
- $// B = 1$
  
- 数字化是进步还是妥协？

.....这好像是一节语文课

# 各种名词

- 什么是信号？
  - 一种表示消息的物理量，这种物理量可以被察觉或者通过其他方式感知
- 什么是信息（咨询/情报）？
  - 消息的子集
  - 用于消除不确定性
- 信号的种类：
  - 时间连续，取值连续：模拟信号
  - 时间连续，取值离散
  - 时间离散，取值连续
  - 时间离散，取值离散：数字信号

# 模拟信号

- 模拟信号才是真正完美的
- 所有的非人造信号都是模拟信号
- 甚至连数字信号都是用模拟信号来模拟的
- 比较好理解的模拟信号：
  - 声音、亮度、温度、湿度、各种力等等
- 不太好理解的模拟信号：
  - 图像







# 数字信号

- 模拟信号辣么好，为什么要数字化？
  - 模拟信号抗噪性能特别不好
  - 模拟信号不容易保存和传输
  - 不是模拟不好，而是人类科技不够先进
- 数字化是一种妥协式的进步
  - 数字信号的极致——二进制，特别容易保存和传输
  - 数字信号容易加入纠错机制
  - 数字信号容易处理加工

# 问题：如何把模拟转换为数字

- 名词：采样 Sampling
- 步骤：
  1. 将模拟物理信号转换为模拟电信号
  2. 将模拟电信号转换为数字信号

# 如何转换为电信号

- 有关电学的几个量：
  - 电压
  - 电流
  - 电阻
  - 电容
- 换为电压信号来进行测量
  - 对于电流： $U_o = R \times I$
  - 对于电阻： $U_o = \frac{U \times R_1}{R_1 + R_2}$
- 转换为时间信号进行测量

# 电压转换为数字信号

- Analog to Digital Convert (ADC) 模数转换
- 转换公式：
  - $Val = \frac{U_o}{U_{ref}} \times 2^n$
  - $U_o$ 为需要转换的电压
  - $U_{ref}$ 参考电压
  - $n$ 为量化的位数
  - $Val$ 为转换后的数值

# 举例

- 假设使用光敏电阻测量光线强度（照度），在当前光照条件下，光敏电阻的阻值为200欧姆，使用如下电路进行采样，参考电压为5V，转换位数为10，转换后的数值是多少？



# 解答

$$\bullet U_o = \frac{U \times R_1}{R_1 + R_2} = \frac{5 * 200}{200 + 500} = 1.43$$

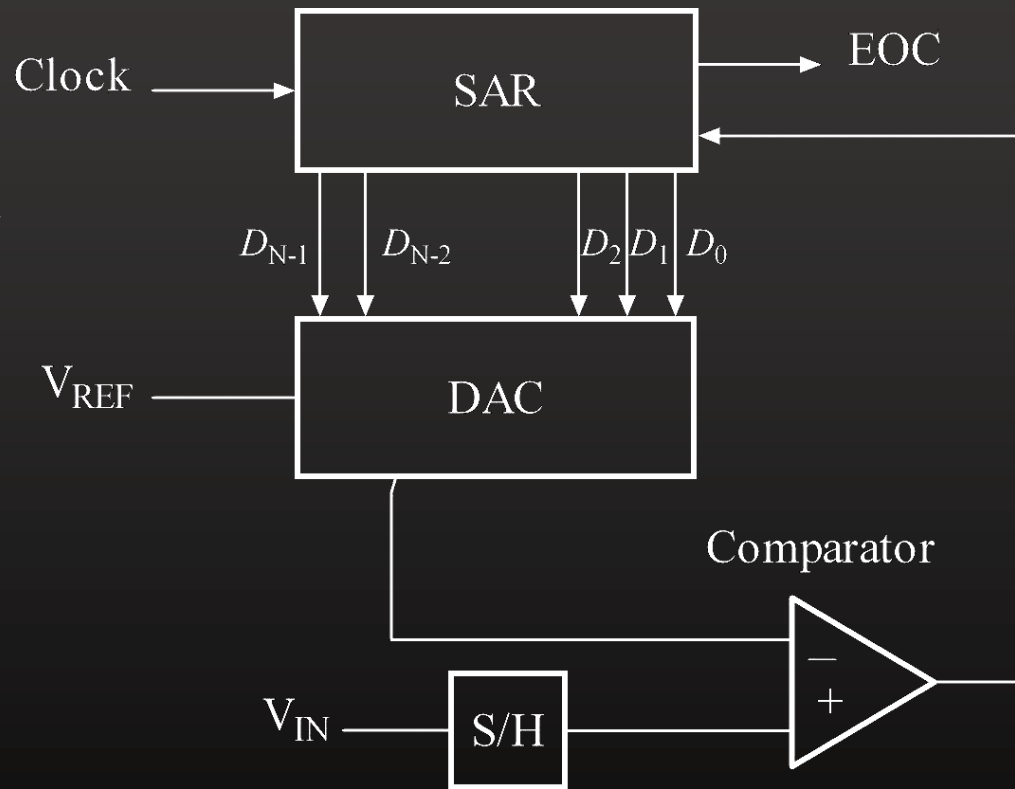
$$\bullet Val = \frac{U_o}{U_{ref}} \times 2^n = \frac{1.43}{5} \times 2^{10} = 293$$

- 反推：如果采样的只是293，是否可以得到当前的照度？

# 电压转换为数字信号的原理

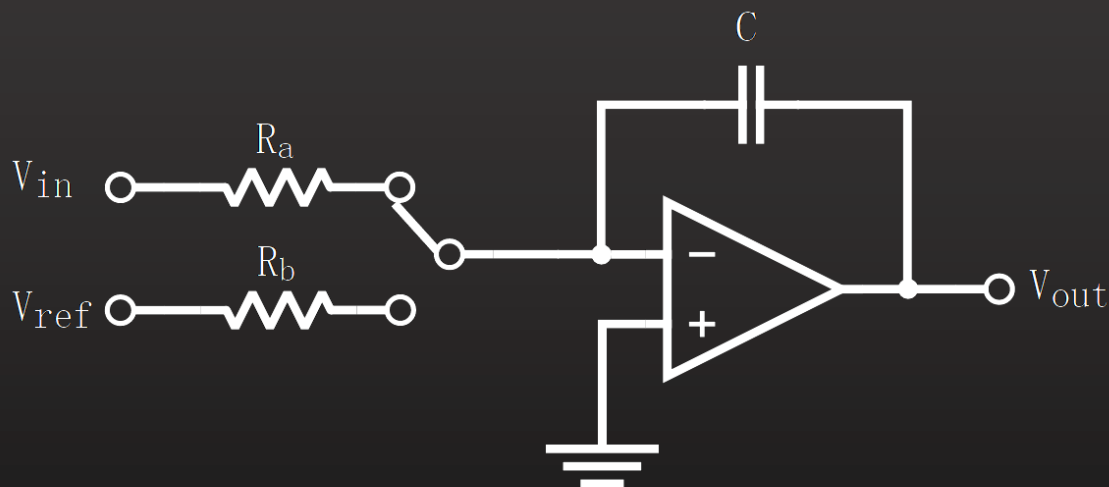
- 逐次逼近型ADC

- DAC = digital-to-analog converter
- EOC = end of conversion
- SAR = successive approximation register
- S/H = sample and hold circuit
- $V_{in}$  = input voltage
- $V_{ref}$  = reference voltage

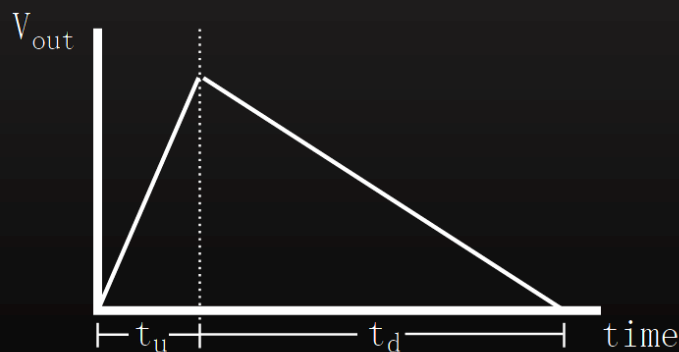


# 电压转换为数字信号的原理

- Integrating ADC 积分式模数转换器



$$V_{in} = -V_{ref} \frac{R_a}{R_b} \frac{t_d}{t_u}$$

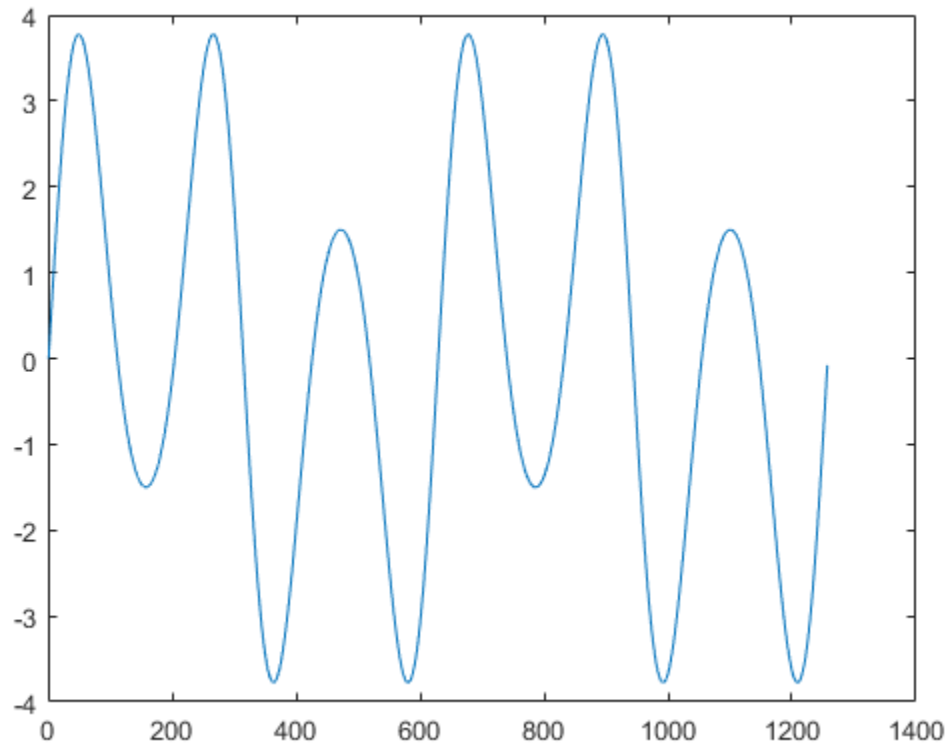




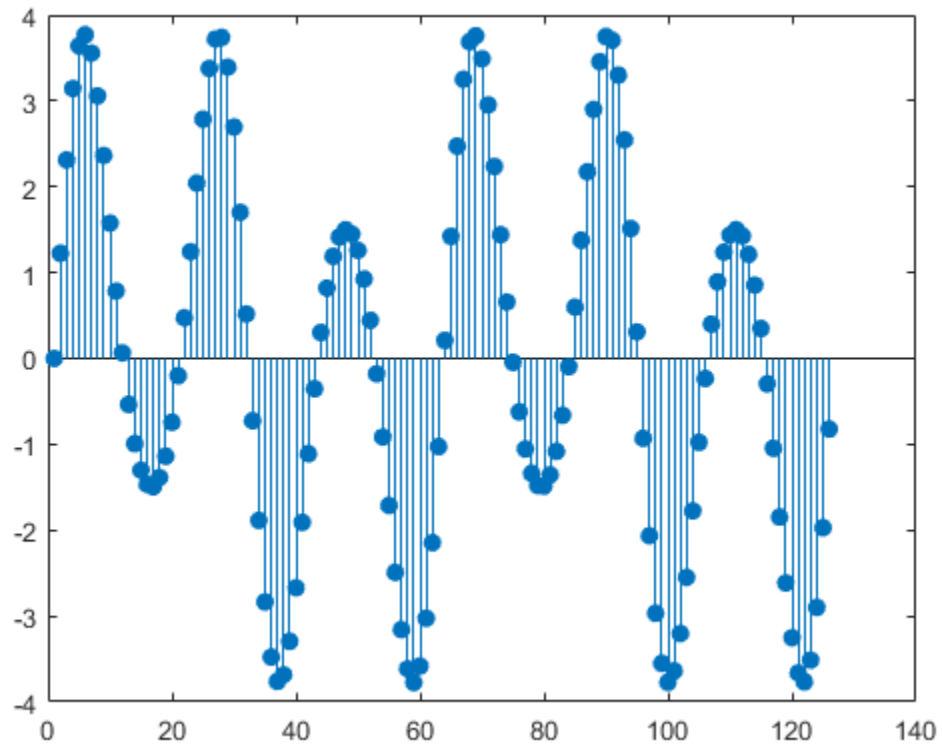
# 对于时间信号的采样

- 当需要采样的信号不是一个单纯的状态量，而是一个和时间相关的函数，例如声音和图像，则需要对信号按照一定的时间间隔连续采样。
- 采样频率要大于等于信号最高频率分量的2倍。

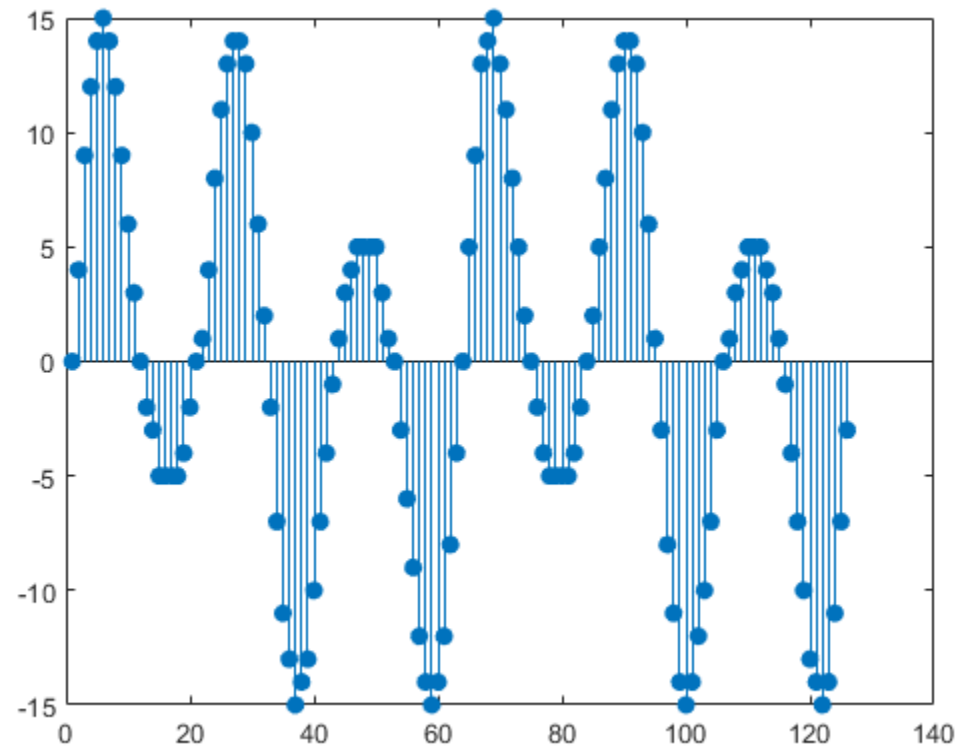
# 原始信号



## 在时间上进行采样



# 进行AD转换和量化



# 一些后续问题

- 如果信号变化的幅度本身就很很小怎么办？
  - 通过运算放大器将信号放大之后再接到ADC引脚上
- 模拟信号带有噪声怎么办？
  - 采样之前通过各种滤波器
  - 采样之后使用数字滤波

# Arduino里如何使用AD转换器

- Arduino Uno和Nano均带有内置的AD转换器
- 转换位数为10位
- 最快转换速率大概是100uS，每秒钟可以转换10000次

# Arduino里如何使用AD转换器

语法:	<code>analogReference(type);</code>
功能:	设定参考电压的类型。
参数:	<code>type</code> : 参考电压的类型有: DEFAULT: 在 Nano 中是 5V; INTERNAL: 在 Nano 中是 1.1V; EXTERNAL: 通过AREF引脚设定参考电压, 范围在0到5V之间。

语法:	<code>analogRead(pin);</code>
功能:	读取模拟引脚的AD转换数值。
参数:	<code>pin</code> : 在 Nano 中, 是 A0 到 A7。
返回:	AD转换数值 (0到1023)。

# 今日任务

- 使用Tep #3接入光敏电阻和温敏电阻，测量环境光线和温度的变化。