



计算机组成原理与接口技术（实验） ——基于MIPS架构

Nov, 2016

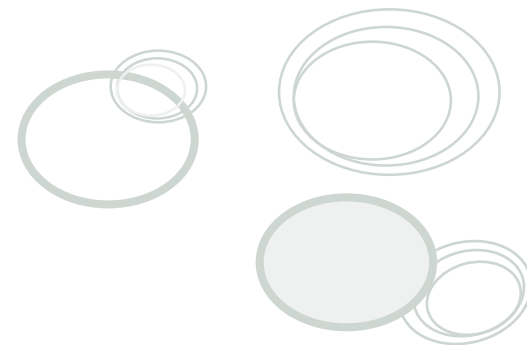
综合项目原理与概要设计

杨明
华中科技大学电子信息与通信学院
myang@hust.edu.cn



Agenda

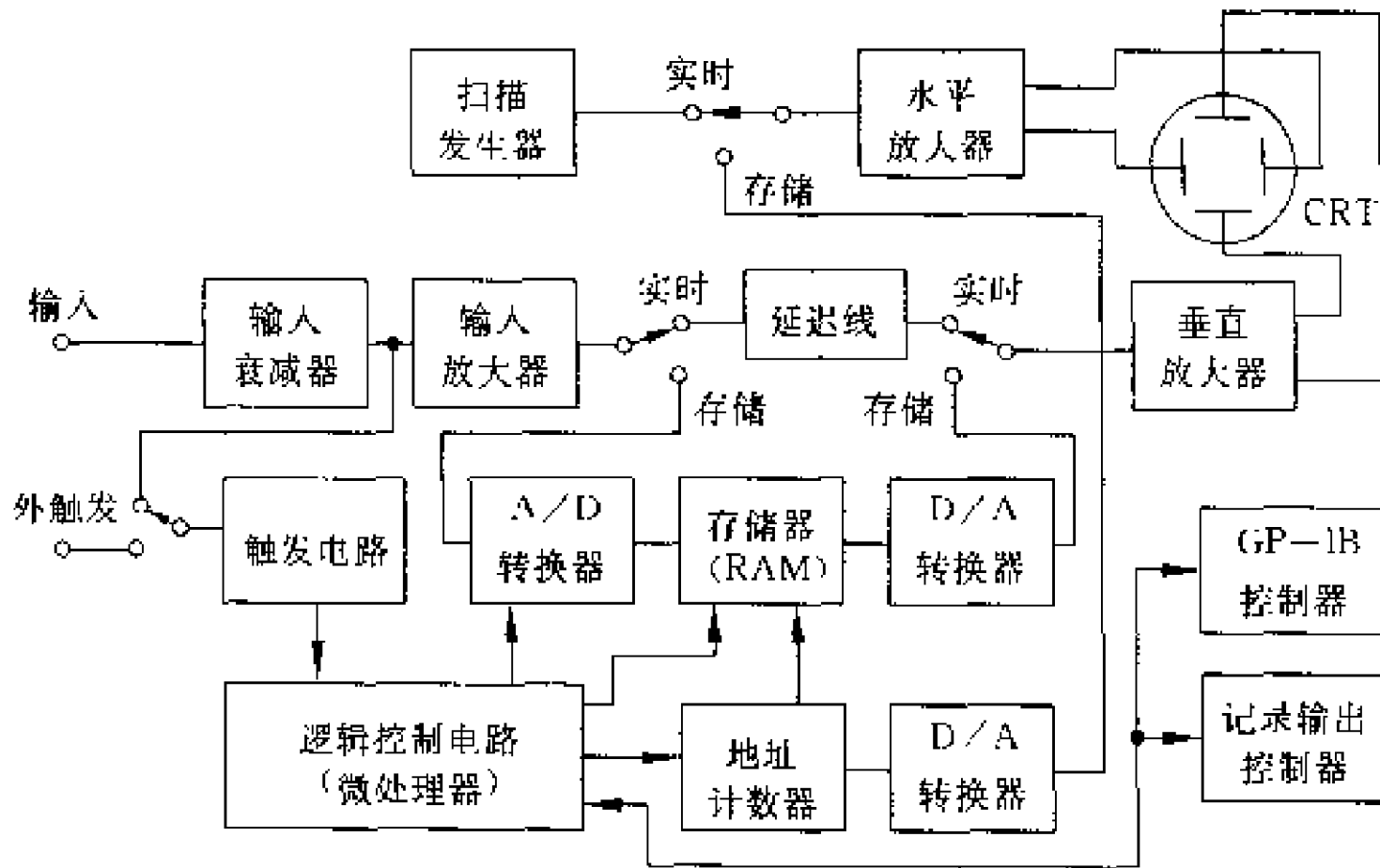
- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车



数字存储示波器原理

► 数字示波器功能需求

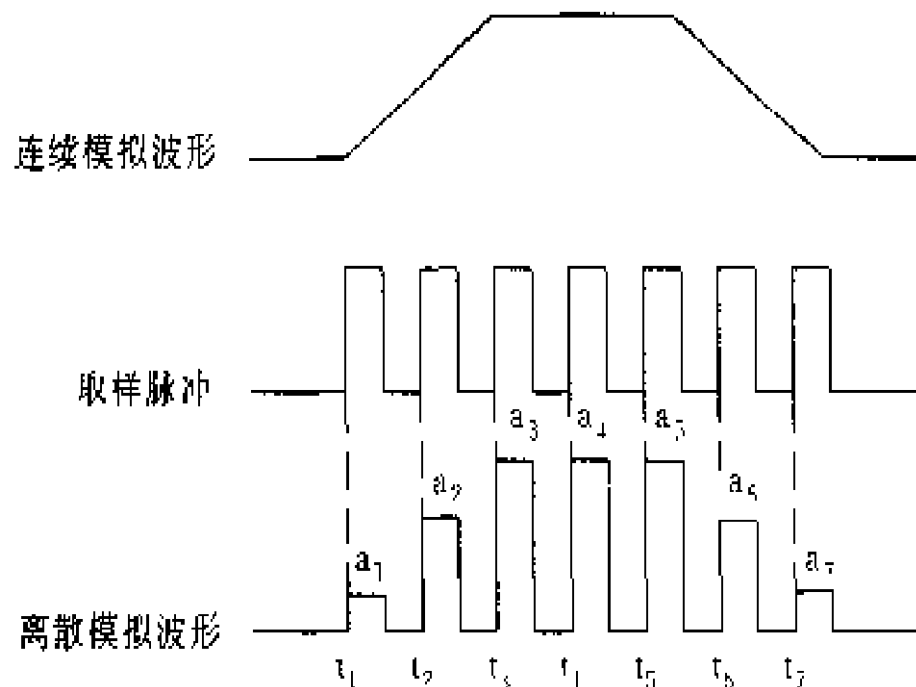
- 波形的采集——实时取样
- 波形的显示——VGA显示
- 波形的测量
- 波形的处理



► 实时取样方式的采集原理

• 取样

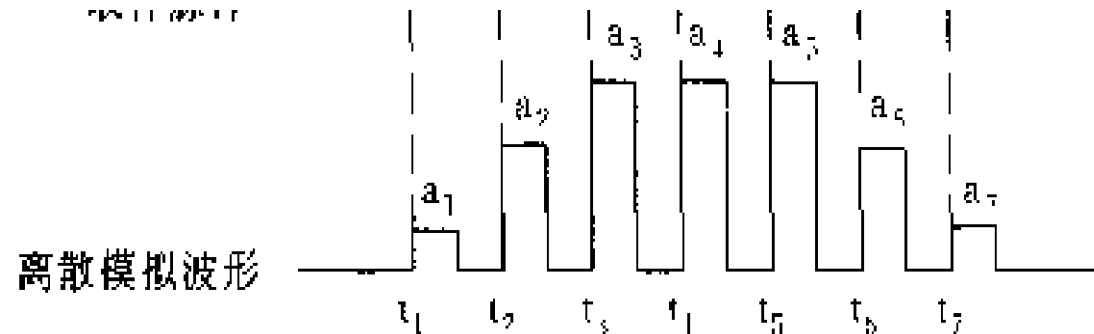
- 取样即连续波形的离散化，对应时间 $t_n (n = 1, 2, 3, \dots)$ 取样脉冲打开取样门的瞬间，在b点就得到相应的模拟量 $a_n (n = 1, 2, 3, \dots)$ ，这个模拟量 a_n 就是取样后得到的离散化的模拟量。



► 实时取样方式的采集原理

• A/D转换

- 若把 a_n 中的每一个离散模拟量进行A/D转换，就可以得到相应的数字量。例如 $a_1 \rightarrow A/D \rightarrow 01H$ ； $a_2 \rightarrow A/D \rightarrow 02H$ ； $a_3 \rightarrow A/D \rightarrow 03H$ ；... $a_7 \rightarrow A/D \rightarrow 01H$ 。
- 如果把这些数字量按序存放在存储器中，就相当于把一幅模拟波形以数字量的形式存储起来

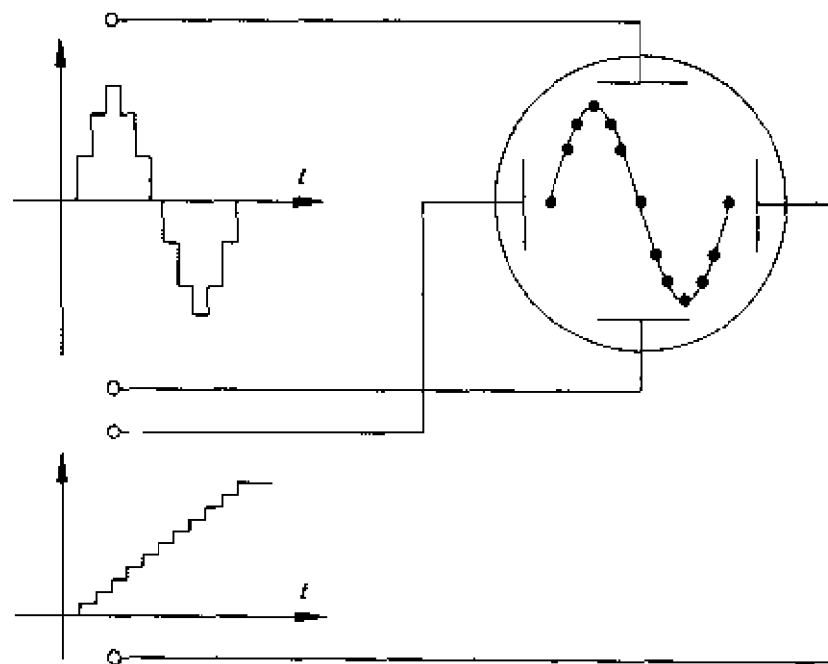


► 实时取样方式的采集原理

- 预置触发功能：在数字存储示波器中预置触发可以通过控制存储器的写操作过程来实现。
 - 在常态触发状态下，当被测信号大于预置电平时，触发电路便产生触发信号，于是存储器就从零地址开始写入采集的数据，设示波器的存储容量为1024，则当写满1 024个单元后便停止写操作。显示也从零地址开始读数据，则对应示波器屏幕上显示的信号便是触发点开始后的波形。

► 波形的显示

- 为适应不同波形的观测，数字存储示波器具有多种灵活的显示方式
 - 存储显示：是数字存储示波器最基本的显示方式。它显示的波形是触发后所存储的一帧波形信号，即在一次触发所完成的一帧信号数据采集之后，再通过控制存储器的地址依次将数据读出，并经转换稳定地显示在CRT上。依照读出方法的不同，又可分为：
 - CPU控制方式
 - 将存储器中的数据按地址顺序取出，转换为Y轴坐标；
 - 与此同时，将地址转换为X轴坐标。将显示存储器中对色，这样就能把被测波形显示在CRT屏幕。设存储波形明其原理。
 - 直接控制方式。



► 波形的显示

- 为适应不同波形的观测，数字存储示波器具有多种灵活的显示方式
 - 滚动显示：滚动显示的表现形式是：被测波形连续不断地从屏幕右端进入，从屏幕左端移出。示波器犹如一台图形记录仪，记录笔在屏幕的右端，记录纸由右向左移动，当发现欲研究的波形部分时，还可将波形存储或固定在屏幕上，以作细微的观察与分析。
 - CPU控制方式滚动显示方式的机理是：每当采集到一个新的数据时，就把已存在存储器中的所有数据都向前移动一个单元，即将第一个单元的数据冲掉，其他单元的内容依次向前递进，然后再在最后一个单元中存入新采集的数据。每写入一个数据，就进行一次读过程，读出和写入的内容不断更新，因而可以产生波形滚滚而来的滚动效果。
 - 滚动显示主要适于缓慢变化的信号。

► 波形的显示

- 为适应不同波形的观测，数字存储示波器具有多种灵活的显示方式
 - 点显示与插值显示：数字示波器屏幕显示的波形一般是由一些密集的点构成，通常称点显示。
 - 在点显示情况下，当被观察的信号在一周期内采样点数较少时会引起视觉上的混淆现象，使观察者很难辨认。一般认为当采样频率低于被测信号频率的2.5倍时，点显示就会造成视觉混淆。采用插值显示可以克服视觉的混淆现象，同时又不降低带宽指标。
 - 如图所示，当采用点显示方式显示采样点数较少的正弦波形时所造成的视觉混淆，以及采用插值显示的效果。

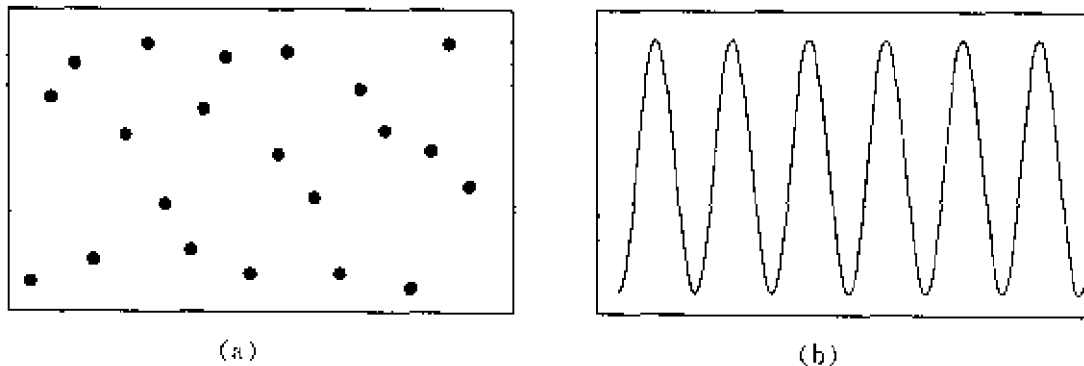
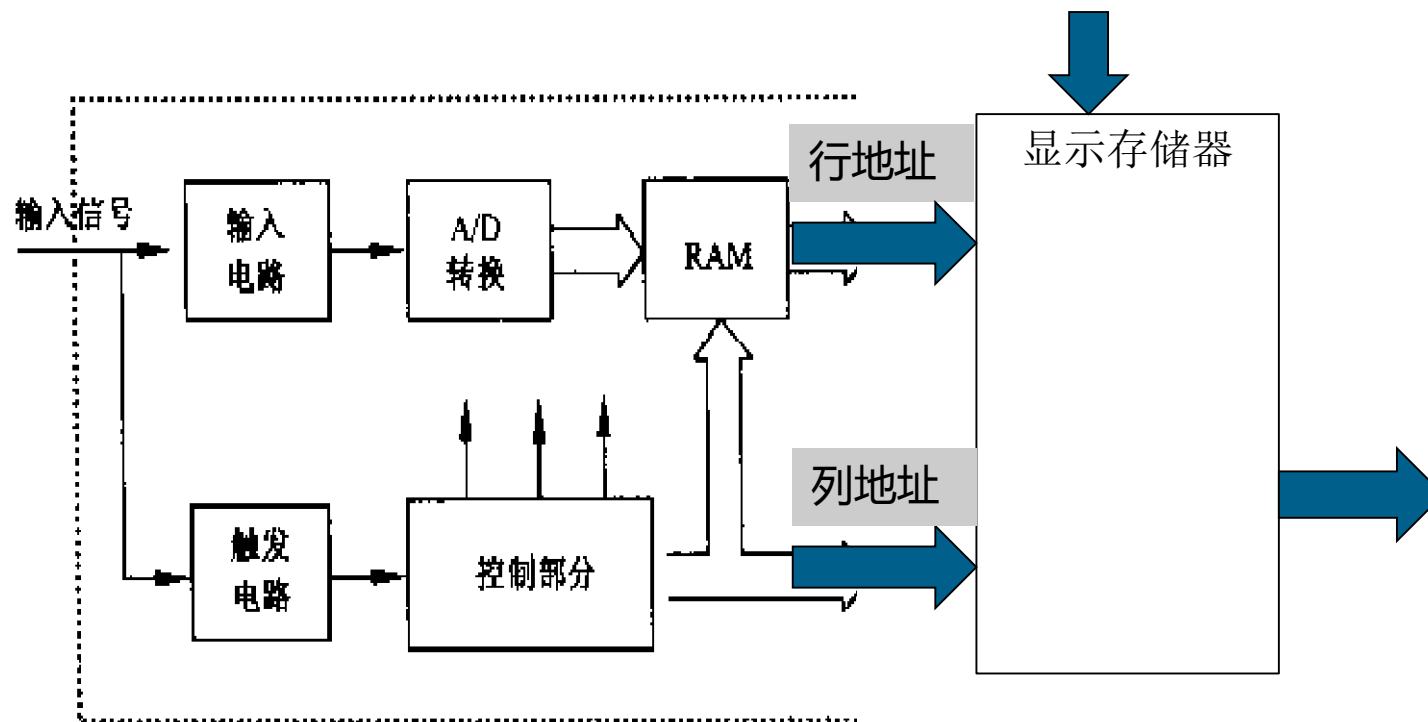


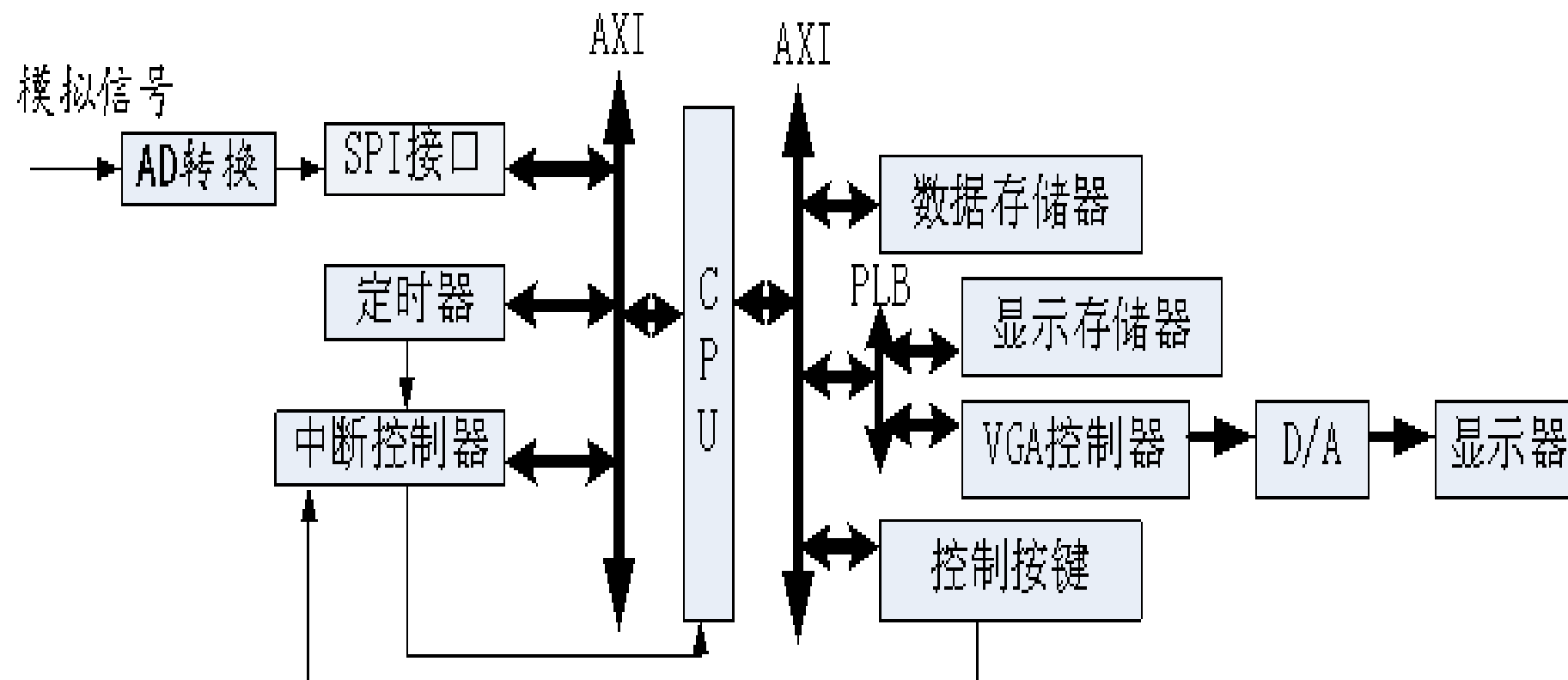
图 8-14 波形的点显示和插值显示

► 波形的显示

- 为适应不同波形的观测，数字存储示波器具有多种灵活的显示方式



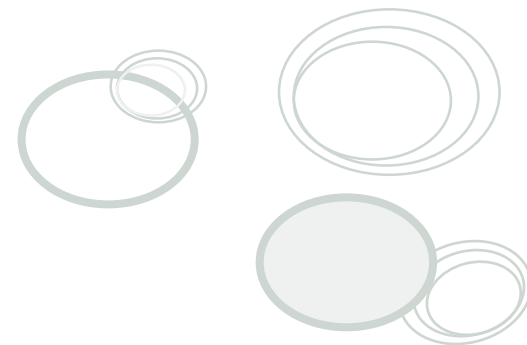
▶ 数字存储示波器设计框图



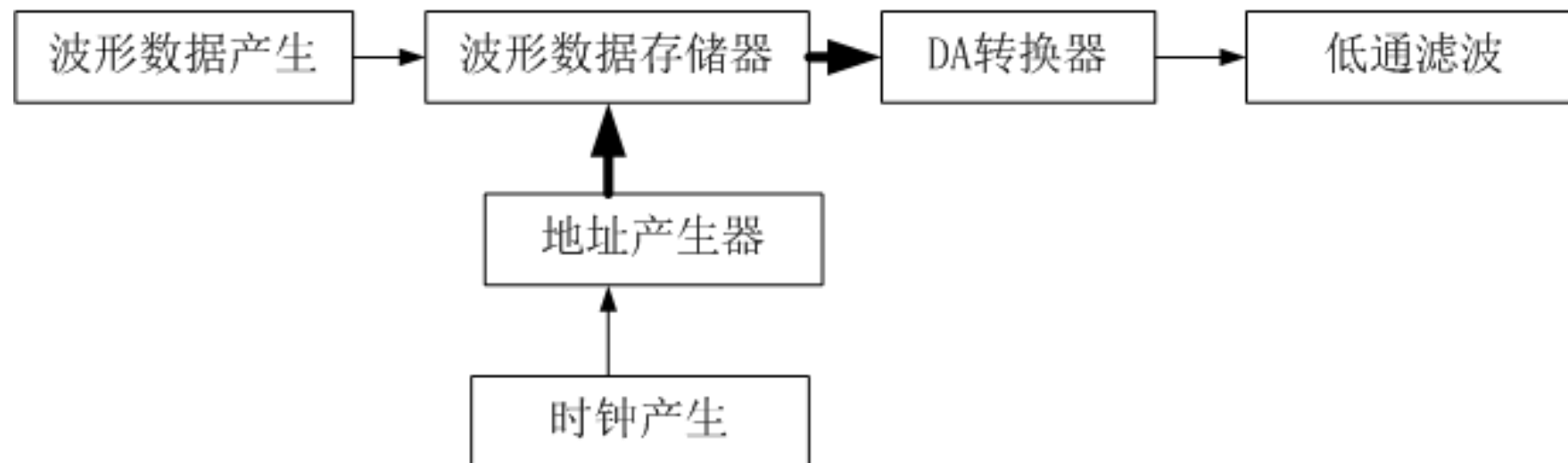
- ▶ 实验课——学生**动手实践**为主，教师引导以及疑难解答
- ▶ 实验教程虽然能解决大部分问题，但不是所有问题都可以在实验教程中直接找到解决方法。
- ▶ 课内学时非常有限，计算机系统又非常复杂，不可能仅依赖课内学时完成所有的教学任务。**需要投入额外的课外时间**

Agenda

- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车



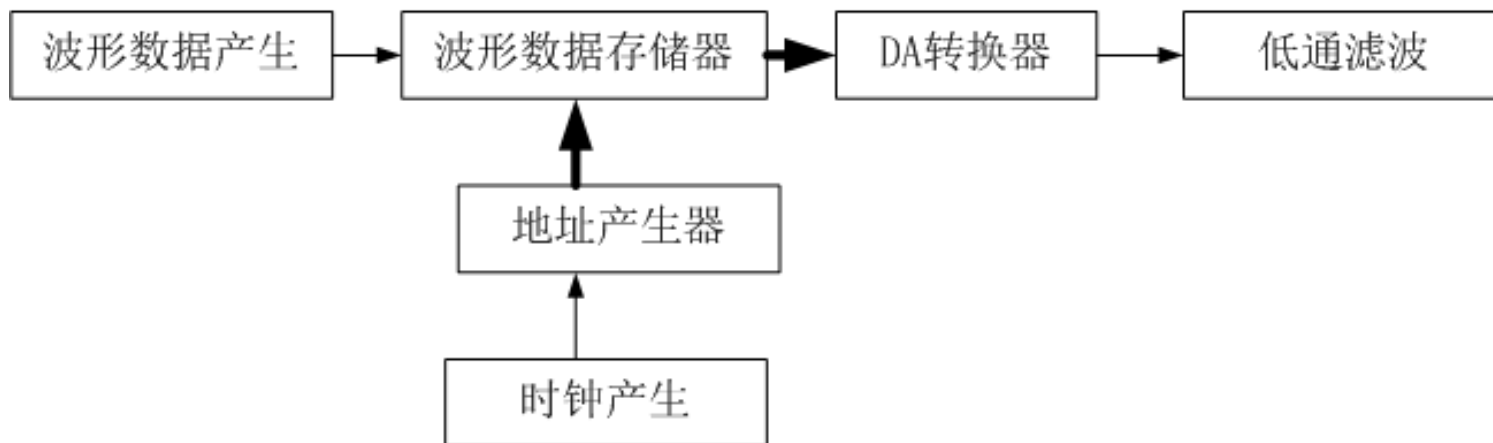
► 数字信号发生器原理



▶ 数字信号发生器原理

• 直接地址计数器产生方法

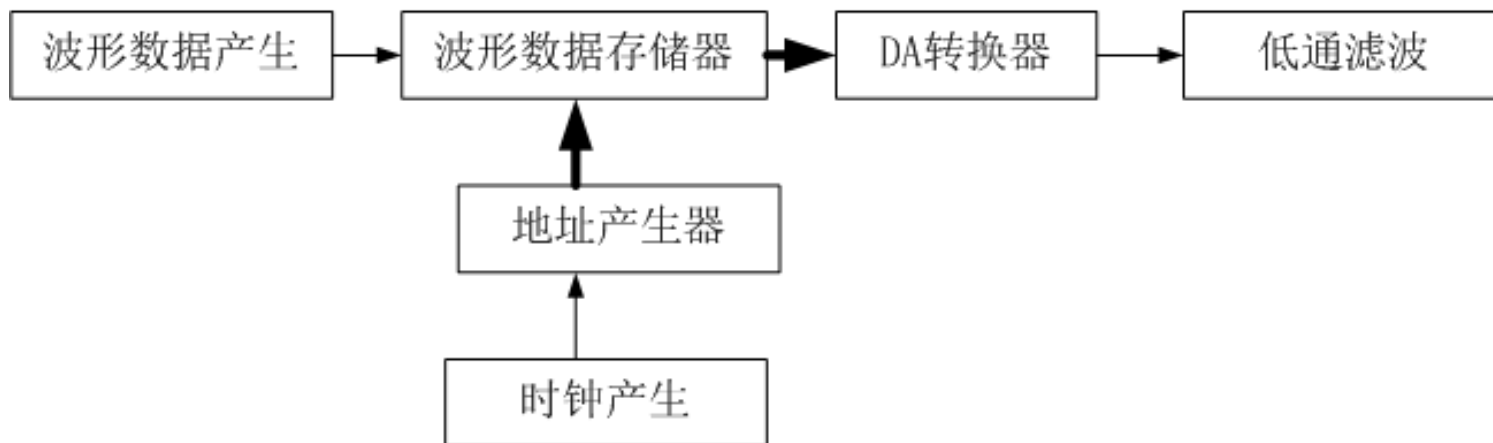
- 工作过程是，假设如果计数器的位数为 N 位（模值 $=2^N$ ），则把波形的一个周期分为 2^N 个等间距数据点（称之为抽样点）并存入数据存储器。地址计数器不断地进行循环计数，就会产生出每一个周期为 2^N 个固定点的波形。
- 该方法的特点是：每一个波形周期的点数是固定的，每一个周期内，点与点之间的相位间隔相同。但是，两个相邻周期波形之间的相邻两个点的相位间隔与其它点之间的相位间隔有可能会不相同。当计数器的位数 N 增大时，这种相邻间隔的误差就可以忽略不计了。



▶ 数字信号发生器原理

• 波形频率

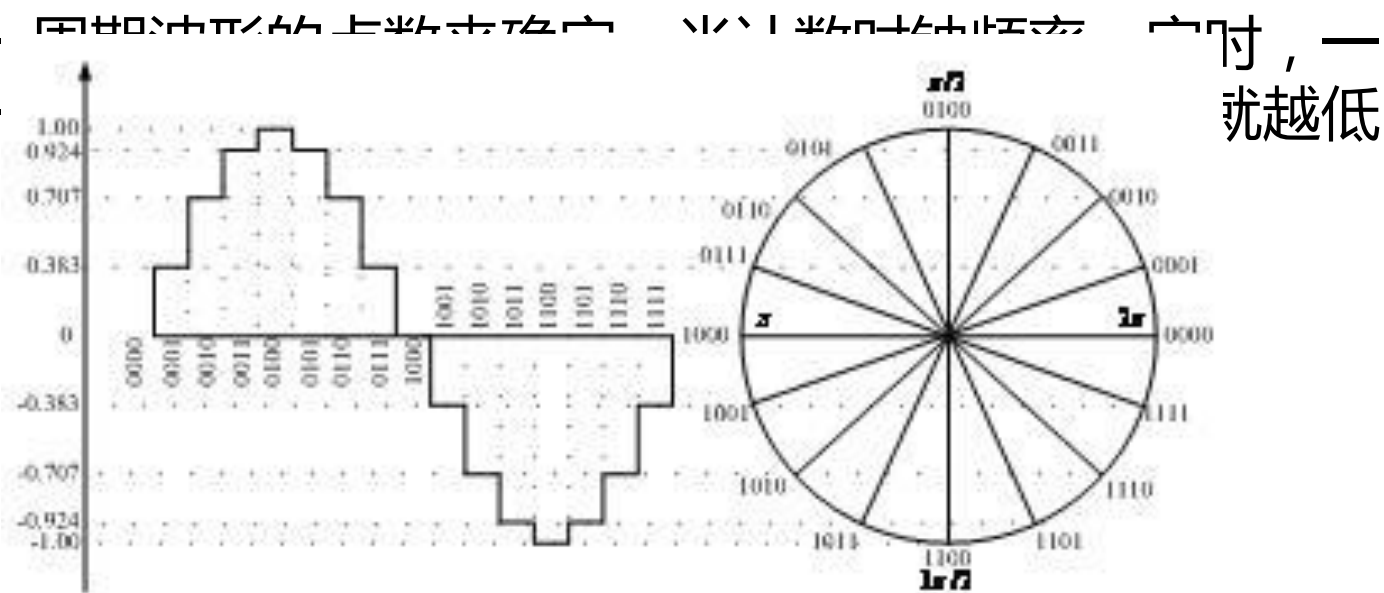
- 如果产生的波形是循环读出的周期波形，则波形的频率是由两方面来决定的：
- 一方面，波形的频率由地址计数器的计数时钟决定，当波形存储的点数一定时，计时器的计时时钟频率越快，读出一周期波形数据的时间就越短，输出波形的频率就越高，反之，则波形的频率将会越低；
- 另一方面，波形的频率也由组成一周期波形的点数来确定，当计数时钟频率一定时，一周期累计的波形点数越多，读完一周期波形所需的时间也就越长，则波形的频率就越低，反之，则波形的频率越高。



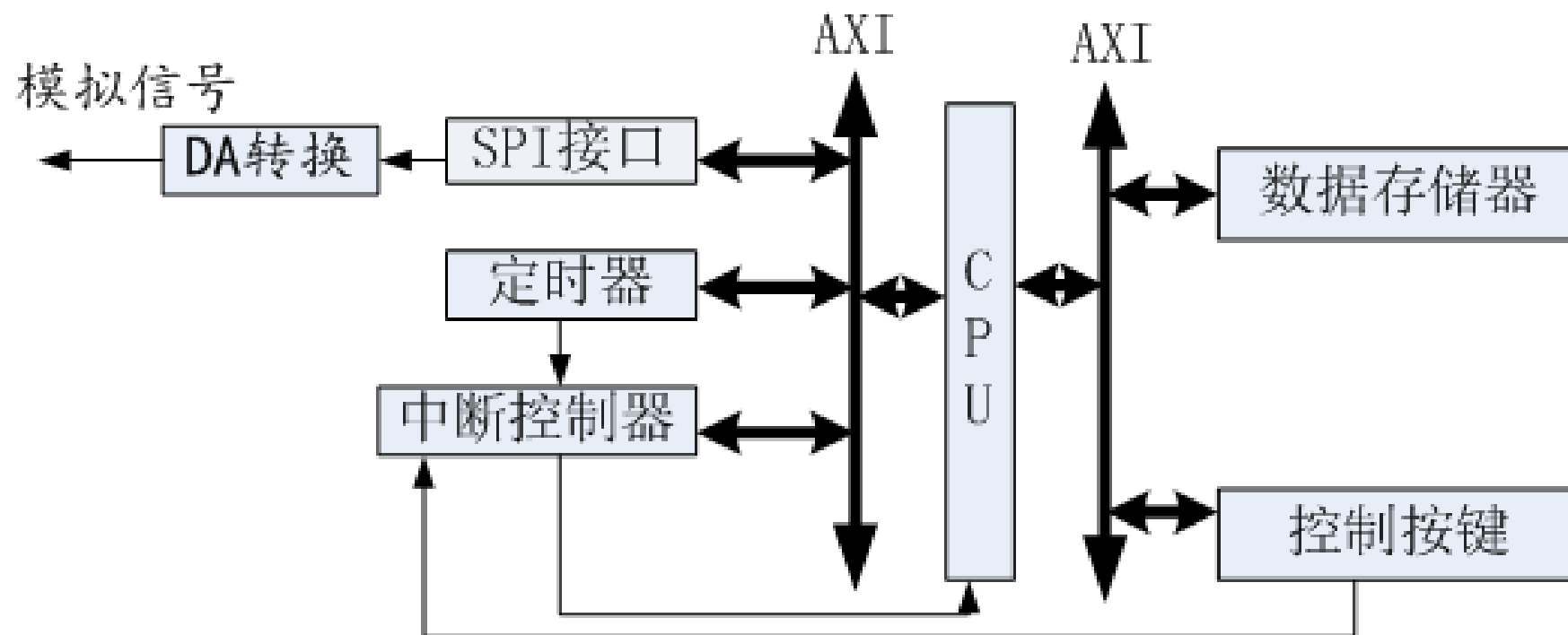
► 数字信号发生器原理

- 波形频率

- 如果产生的波形是循环读出的周期波形，则波形的频率是由两方面来决定的：
- 一方面，波形的频率由地址计数器的计数时钟决定，当波形存储的点数一定时，计时器的计时时钟频率越快，读出一周期波形数据的时间就越短，输出波形的频率就越高，反之，则波形的频率将会越低；
- 另一方面，波形的频率也由组成一周期累计的波形点数越多，读完一周期，反之，则波形的频率越高。

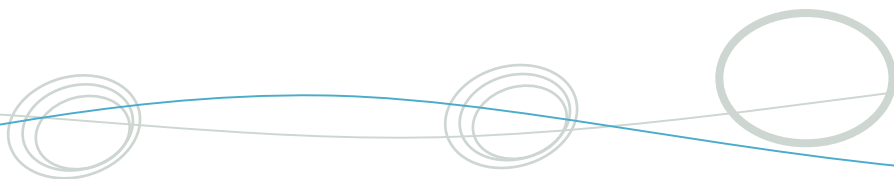
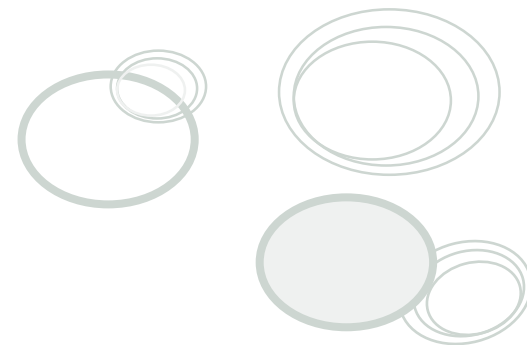


► 硬件框图



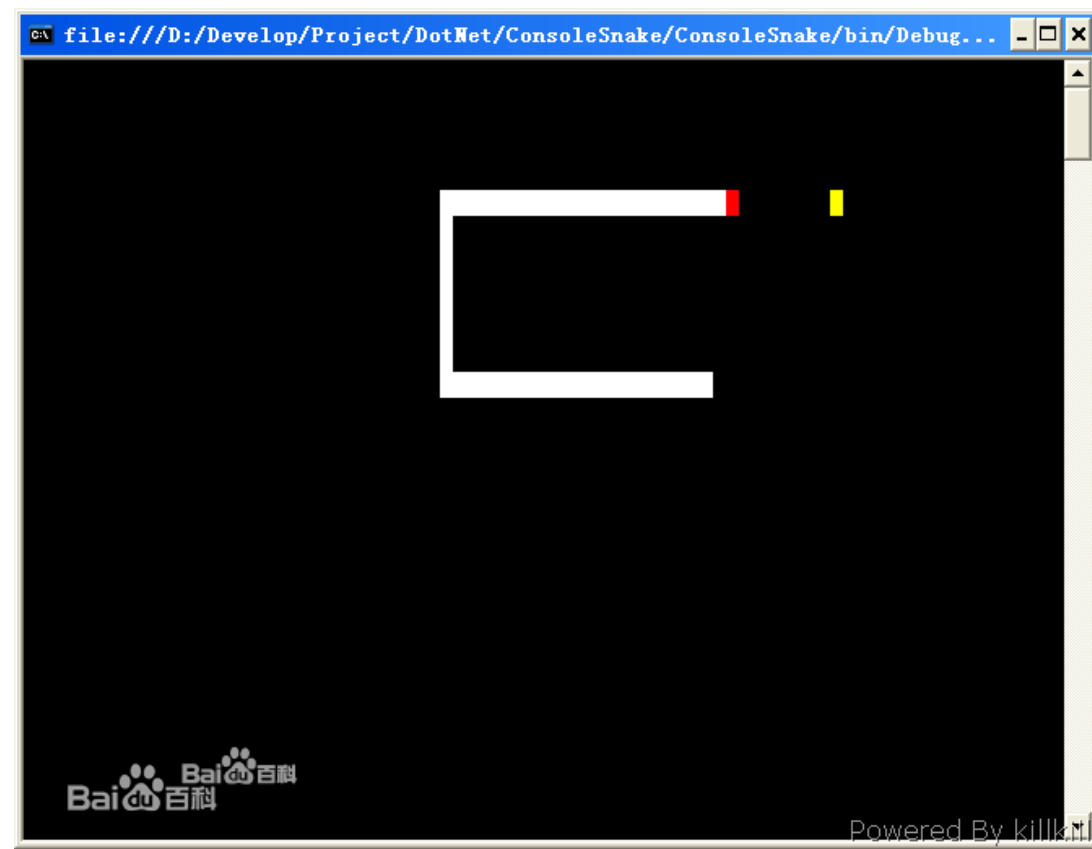
Agenda

- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车

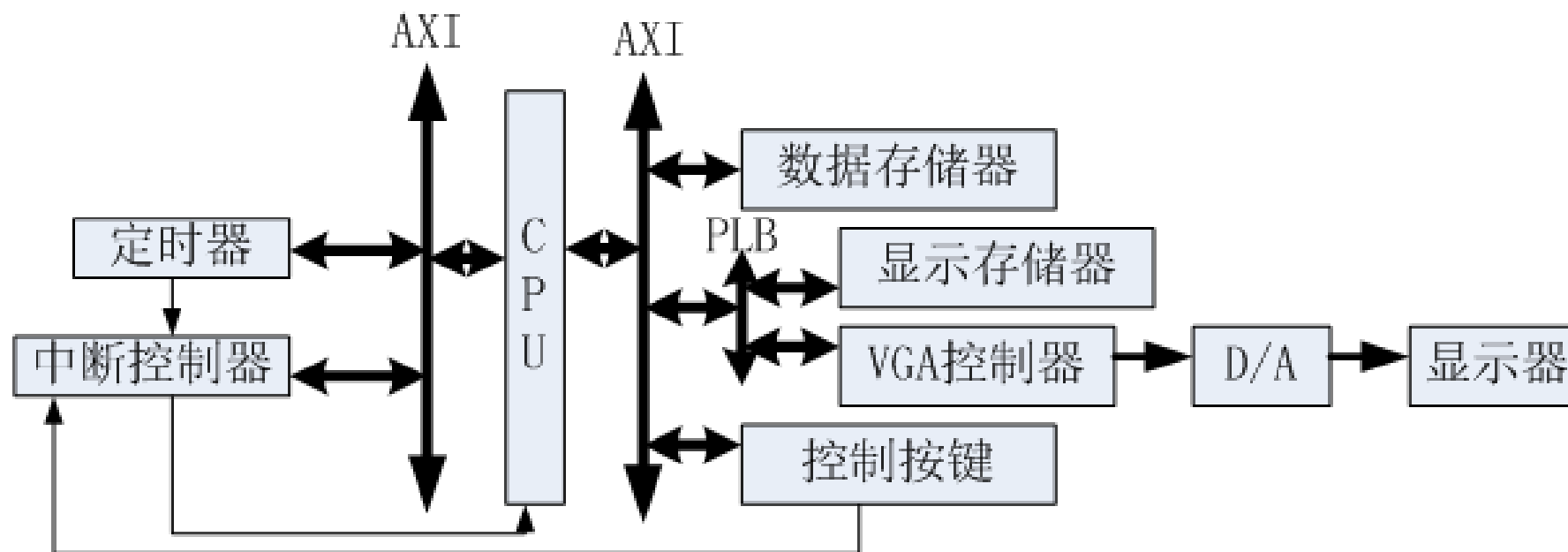


基本原理

- ▶ 上下左右控制蛇的方向，寻找吃的东西，每吃一口就能得到一定的积分，而且蛇的身子会越吃越长，身子越长玩的难度就越大，不能碰墙，不能咬到自己的身体，更不能咬自己的尾巴
- ▶ 随机数产生
 - 蛋出现的位置 (X,Y)
- ▶ 蛇身体的移动显示
 - 调整显存数据
 - 直线显示，行、列组合
- ▶ 蛇碰墙，咬尾判断



► 硬件框图



Agenda

- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车

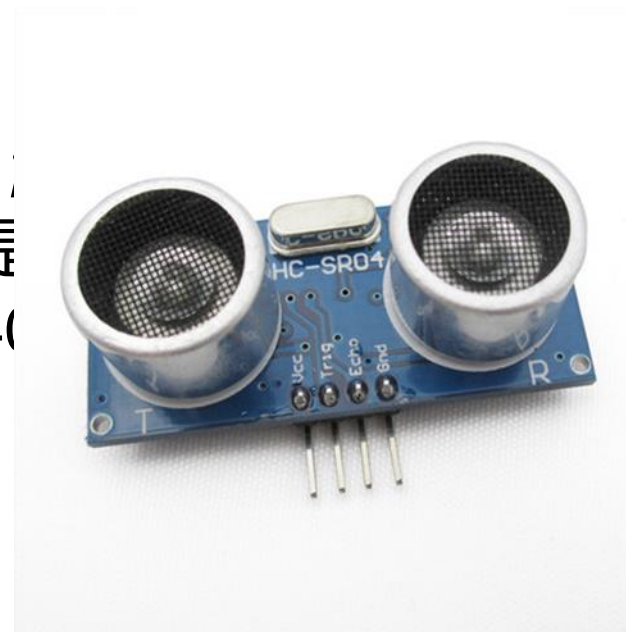


► 基本原理

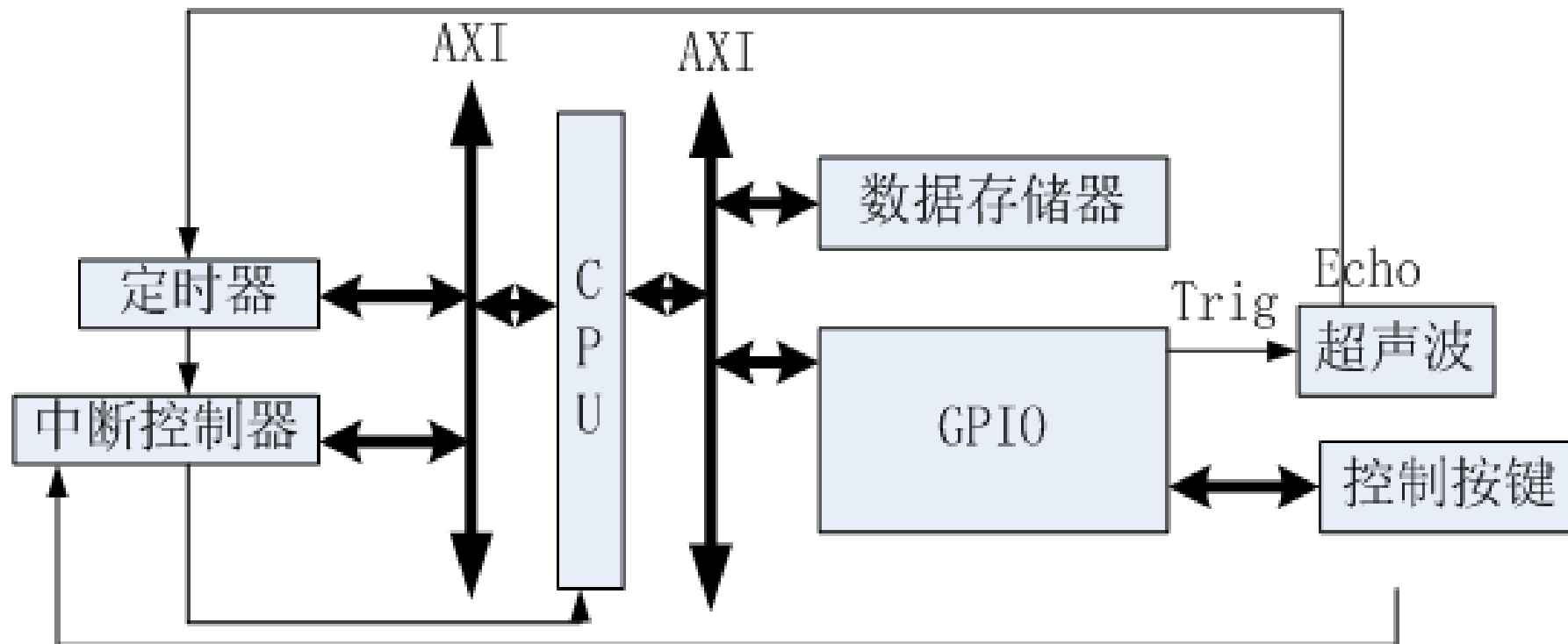
- 超声波发射器向某一方向发射超声波，在发射时刻的同时开始计时，超声波在空气中传播，途中碰到障碍物就立即返回来，超声波接收器收到反射波就立即停止计时。超声波在空气中的传播速度为340m/s，根据计时器记录的时间 t ，就可以计算出发射点距障碍物的距离(s)，即： $s=340t/2$ 。这就是所谓的时间差测距法。

► 超声波产生及发射模块原理

- (1)采用IO触发测距，给至少10us的高电平信号;
- (2)模块自动发送8个40khz的方波，自动检测是否有信号返回
- (3)有信号返回，通过IO输出一高电平，高电平持续的时间就是
- 超声波从发射到返回的时间。测试距离=(高电平时间*声速(340



► 硬件框图



Agenda

- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车

► 基本原理

- 振动的频率不同，声音的音调就不同。
- 当乐器发声时，除了发出某一频率的声音——基音以外，还会发出响度较小、频率加倍的辅助音——谐音。我们听到的乐器的声音是它发出的基音和谐音混合而成的。不同的乐器发出同一基音时，不仅谐音的数目不同，而且各谐音的响度也不同。

► 频率

$$1 = 264 \quad 2 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^2 \quad 3 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^4$$

$$4 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^6 \quad 5 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^8$$

$$6 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^{10}$$

$$7 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^{11} \quad 8 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^{12}$$

式中 $(\sqrt[12]{2}) = 1.059 \dots\dots$ 。

可以看出， $8 = 264 \times (\sqrt[12]{2})^{12} = 264 \times 2$ ，说明一个音的频率刚好是比它低八度音的频率的两倍。

► 频率

2703	when	"00001"	,	--	F#	184.9972114	Hz
2551	when	"00010"	,	--	G	195.997718Hz	
2408	when	"00011"	,	--	Ab	207.6523488	Hz
2273	when	"00100"	,	--	A	220	Hz
2145	when	"00101"	,	--	Bb	233.0818808	Hz
2025	when	"00110"	,	--	B	246.9416506	Hz
1911	when	"00111"	,	--	C	261.6255653	Hz
1804	when	"01000"	,	--	C#	277.182631Hz	
1703	when	"01001"	,	--	D	293.6647679	Hz
1607	when	"01010"	,	--	D#	311.1269837	Hz
1517	when	"01011"	,	--	E	329.6275569	Hz
1432	when	"01100"	,	--	F	349.2282314	Hz
1351	when	"01101"	,	--	F#	369.9944227	Hz
1276	when	"01110"	,	--	G	391.995436Hz	
1204	when	"01111"	,	--	Ab	415.3046976	Hz
1136	when	"10000"	,	--	A	440	Hz
1073	when	"10001"	,	--	Bb	466.1637615	Hz
1012	when	"10010"	,	--	B	493.8833013	Hz
956	when	"10011"	,	--	C	523.2511306	Hz
902	when	"10100"	,	--	C#	554.365262Hz	
851	when	"10101"	,	--	D	587.3295358	Hz
804	when	"10110"	,	--	D#	622.2539674	Hz
758	when	"10111"	,	--	E	659.2551138	Hz
716	when	"11000"	,	--	F	698.4564629	Hz
676	when	"11001"	,	--	F#	739.9888454	Hz
638	when	"11010"	,	--	G	783.990872Hz	
602	when	"11011"	,	--	Ab	830.6093952	Hz
568	when	"11100"	,	--	A	880	Hz
536	when	"11101"	,	--	Bb	932.327523Hz	
506	when	"11110"	,	--	B	987.7666025	Hz
478	when	"11111"	,	--	C	1046.502261	Hz

奇易电子琴

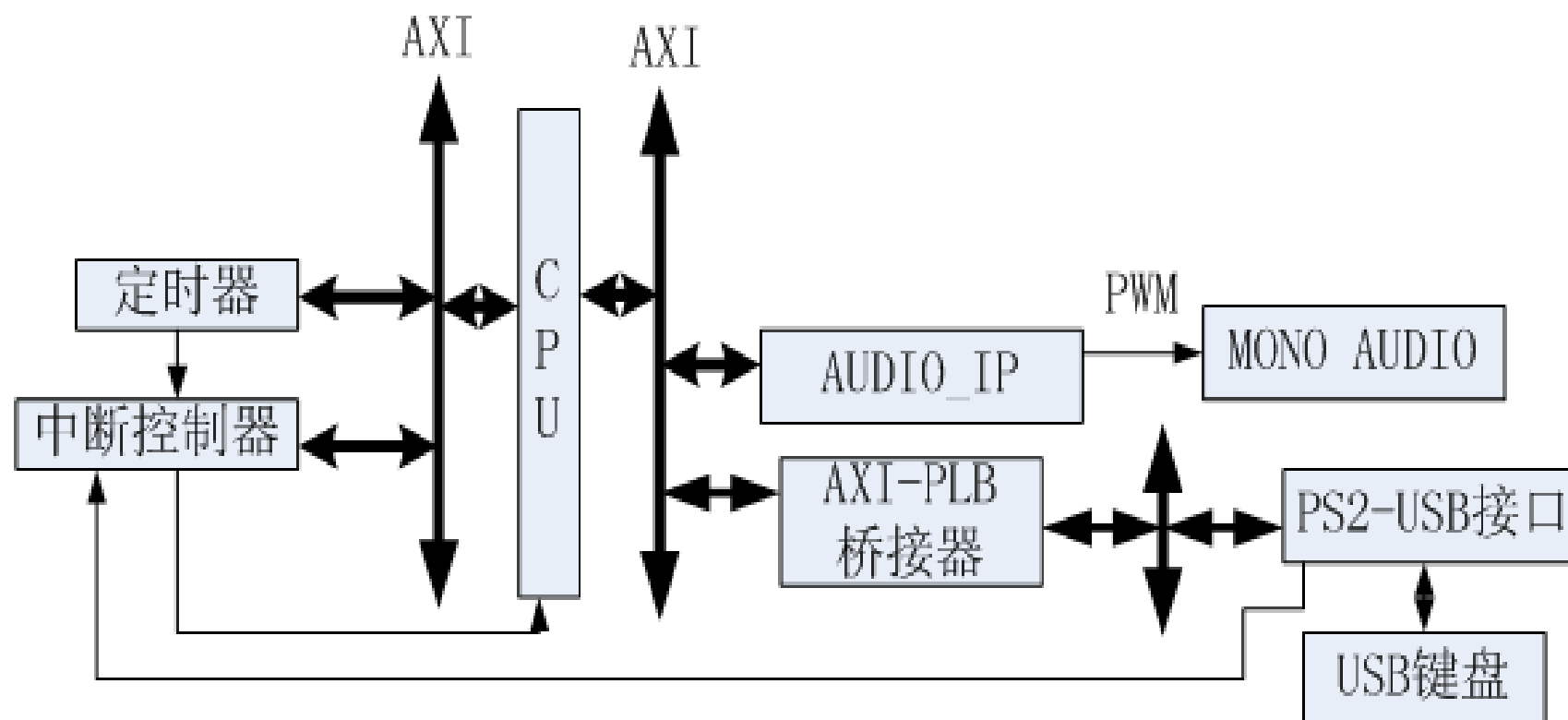
► 谐音

• 不同的波形 (mode)

```
when      "000"      , --      sinus (converting 2's complement to Binary Offset code
when      "001"      , --      triangle
when      "010"      , --      rectangle
when      "011"      , --      sawtooth
When      "100", -- cos^2
when      "101", -- sin + (cos^2)/2
when      "110", -- triangle + (cos^2)/2
when      others; -- triangle + (triangle^2)/2
```

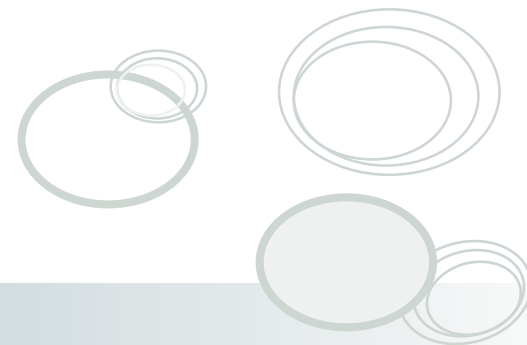
```
tone => slv_reg0(4 downto 0),
mode => slv_reg0(7 downto 5),
```

► 硬件框图



Agenda

- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车

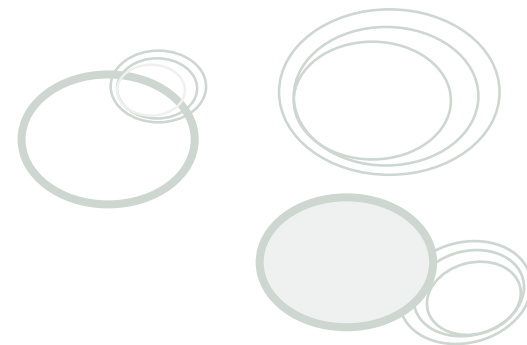


► 基本原理

- 触摸屏输入
 - X,Y,Z三轴电压，X,Y表示坐标，Z压力系数
- 液晶屏显示
 - X,Y位置对应到显存地址，点的粗细与压力成正比
- 开关控制显示点颜色

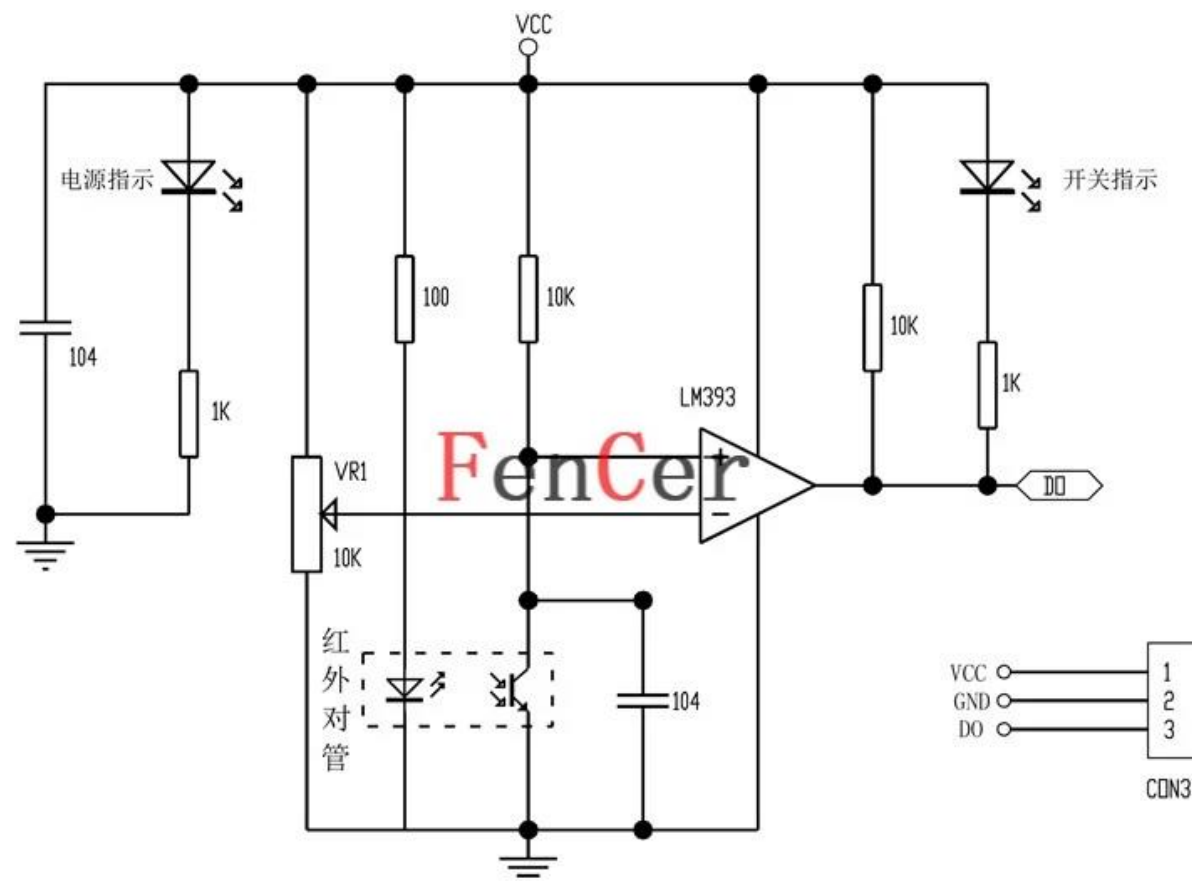
Agenda

- ▶ 数字存储示波器
- ▶ 数字信号发生器
- ▶ VGA贪食蛇
- ▶ 超声波测距仪
- ▶ 简易电子琴
- ▶ 简易手绘画图仪
- ▶ 智能小车



循迹智能小车原理

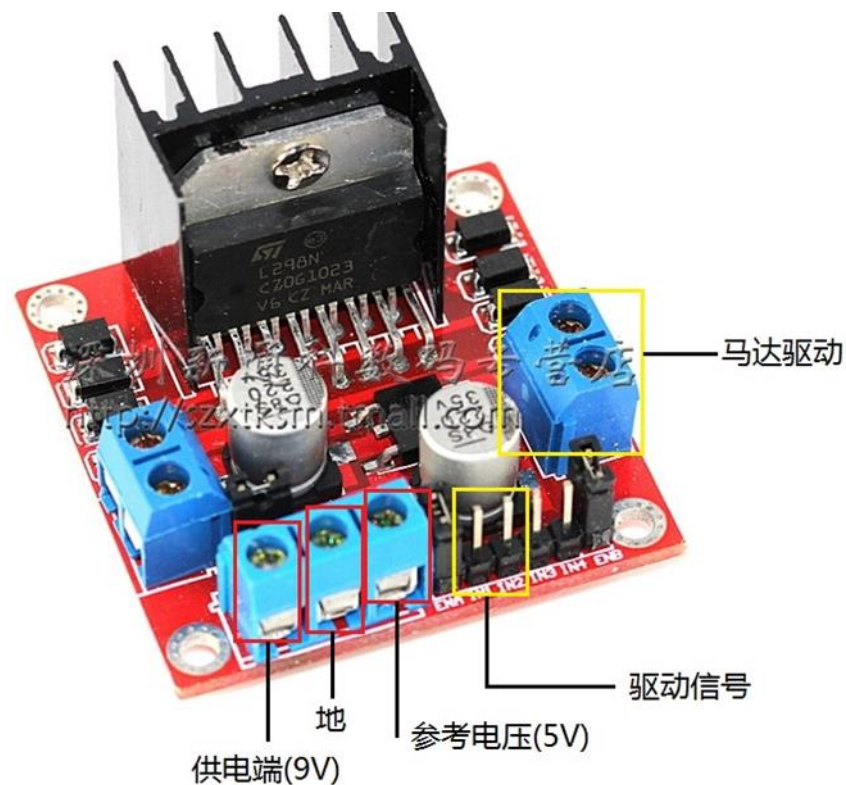
- ▶ 红外信号遇到黑色被吸收，白色返回，
- ▶ 根据多路红外发射接收对管探测黑色区域的存在，当偏离黑色区域时及时调整小车行进方向



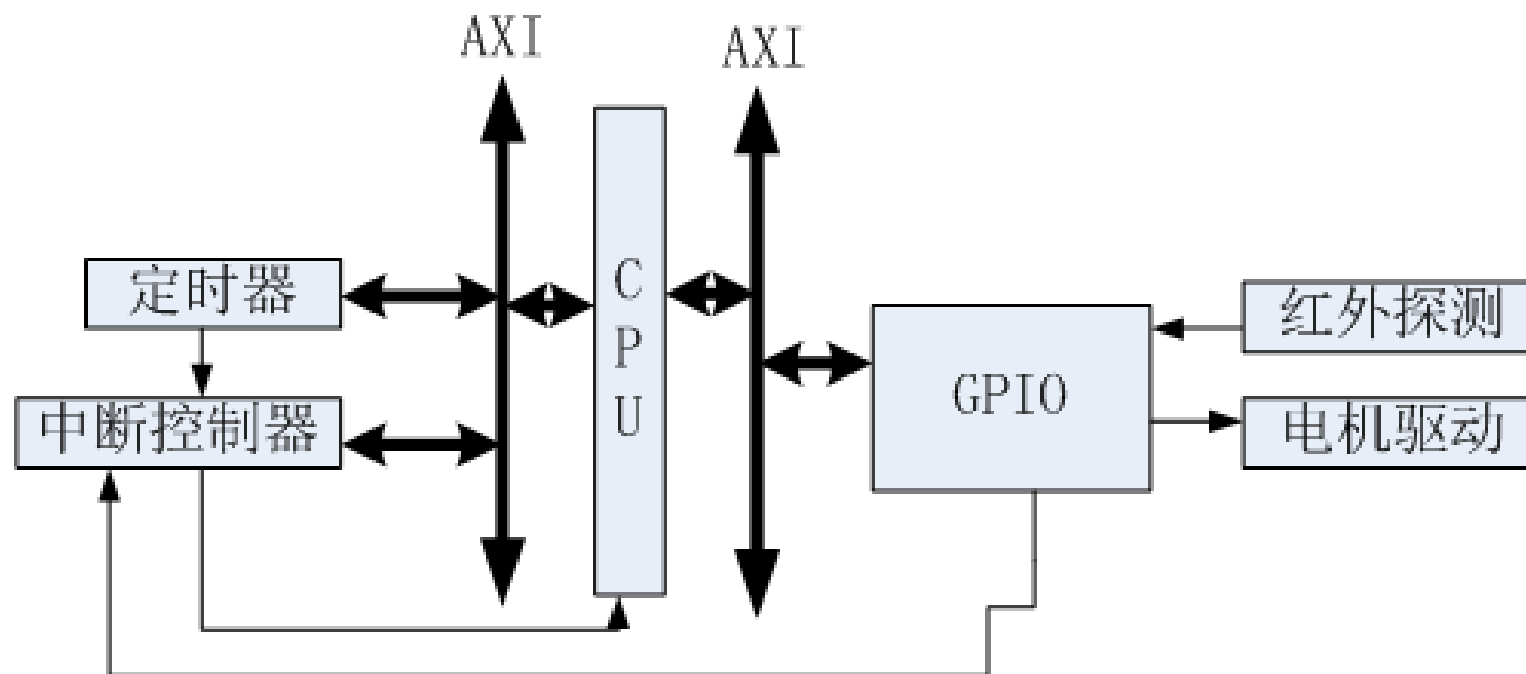
► 电机驱动模块

• 驱动两路直流电机

- PWM波控制电机转速，通过改变输出方波的占空比使负载上的平均电流功率从0-100%变化、从而改变电机速度。
- 两路电机转速不同，控制转向
- 直流极性改变转向



► 硬件框图



Thanks

