北京交通大学

信号与系统

主讲人：陈后金

电子信息工程学院

离散时间系统的模拟框图

- 直接型结构
- 级联型结构
- 并联型结构

1. 直接型结构

- 直接型结构

对于差分方程：$y[k]+\sum_{j=1}^{n}a_j y[k-j]=\sum_{i=0}^{m}b_i x[k-i]$

假设$m=n$，系统函数$H(z)$求得

$$H(z)=\frac{b_0+b_1z^{-1}+\cdots+b_{n-1}z^{-(n-1)}+b_nz^{-n}}{1+a_1z^{-1}+\cdots+a_{n-1}z^{-(n-1)}+a_nz^{-n}}=\frac{\sum_{i=0}^{n}b_iz^{-i}}{1+\sum_{j=1}^{n}a_jz^{-j}}=\underbrace{\frac{1}{1+\sum_{j=1}^{n}a_jz^{-j}}}_{H_1(z)}\cdot\underbrace{\sum_{i=0}^{n}b_iz^{-i}}_{H_2(z)}$$

1. 直接型结构

- 直接型结构

系统可以看成两个子系统的级联:

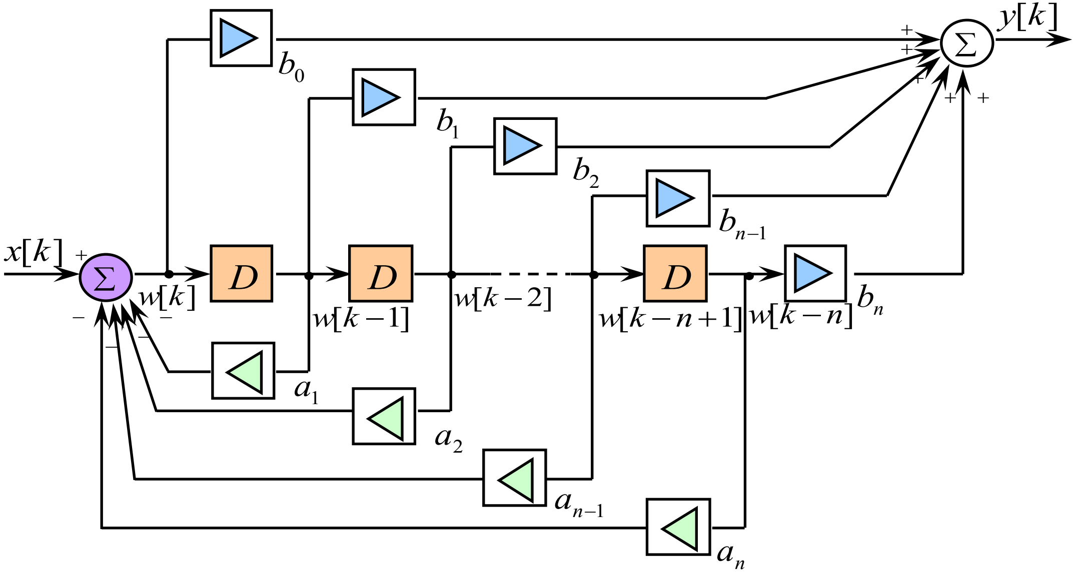
$$H_1(z)=\frac{1}{1+\sum_{j=1}^{n}a_j z^{-j}}=\frac{W(z)}{X(z)} \qquad H_2(z)=\sum_{i=0}^{n}b_i z^{-i}=\frac{Y(z)}{W(z)}$$

描述这两个系统的差分方程为:

$$w[k]+\sum_{j=1}^{n}a_j w[k-j]=x[k] \qquad y[k]=\sum_{i=0}^{n}b_i w[k-i]$$

1. 直接型结构

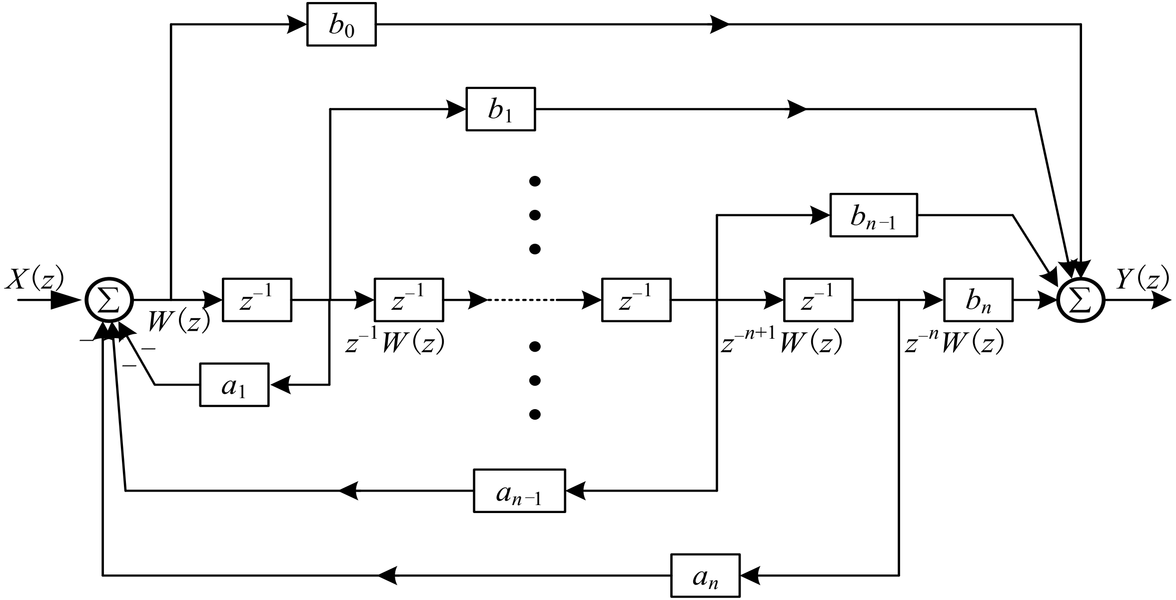
- 直接型结构 $w[k]+\sum_{j=1}^{n}a_j w[k-j]=x[k]$ $y[k]=\sum_{i=0}^{n}b_i w[k-i]$



时域框图

1. 直接型结构

- 直接型结构 $H(z)=\dfrac{b_0+b_1z^{-1}+\cdots+b_{n-1}z^{-(n-1)}+b_nz^{-n}}{1+a_1z^{-1}+\cdots+a_{n-1}z^{-(n-1)}+a_nz^{-n}}$



z域框图

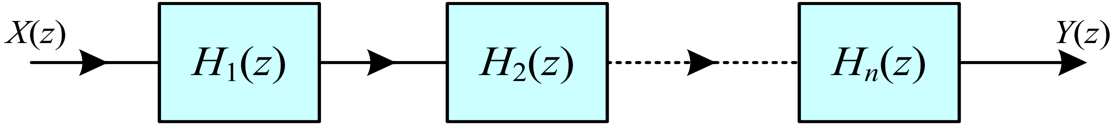
2. 级联型结构

- 级联型结构

将系统函数的分子和分母多项式分解为一阶或二阶实系数因子形式，组成一阶或二阶子系统级联起来，即

$$H(z) = H_1(z)\, H_2(z) \,\ldots\ldots\, H_n(z)$$

画出每个子系统直接型模拟框图，再将各子系统级联。



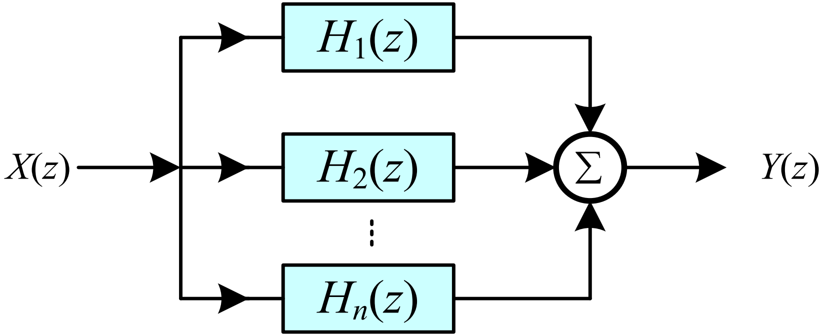
3. 并联型结构

- 并联型结构

将系统函数展开成部分分式，形成一阶和二阶子系统并联形式，即

$$H(z) = H_1(z) + H_2(z) + \dots + H_n(z)$$

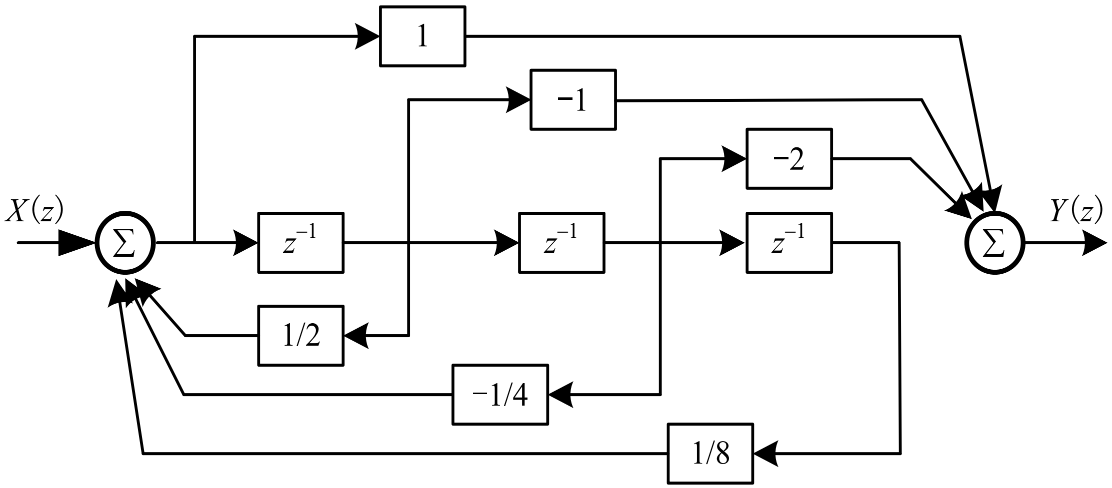
画出每个子系统直接型模拟框图，再将各子系统并联。



例：画出离散时间LTI系统$H(z)$的模拟框图。

该系统的系统函数为：$H(z)=\dfrac{1-z^{-1}-2z^{-2}}{1-0.5z^{-1}+0.25z^{-2}-0.125z^{-3}}$

解：1）直接型结构

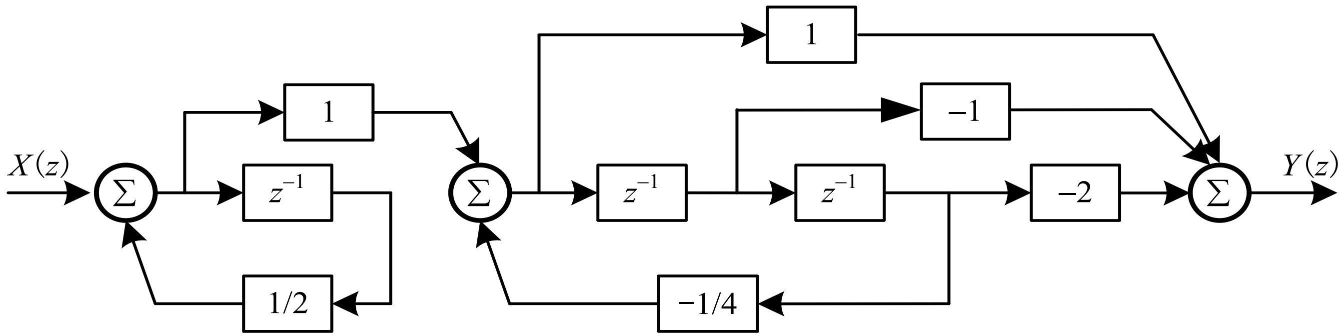


例：画出离散时间LTI系统$H(z)$的模拟框图。

该系统的系统函数为：$H(z)=\dfrac{1-z^{-1}-2z^{-2}}{1-0.5z^{-1}+0.25z^{-2}-0.125z^{-3}}$

解：2）级联型结构

$$H(z)=\frac{1-z^{-1}-2z^{-2}}{1-0.5z^{-1}+0.25z^{-2}-0.125z^{-3}}=\frac{1}{1-0.5z^{-1}}\cdot\frac{1-z^{-1}-2z^{-2}}{1+0.25z^{-2}}$$



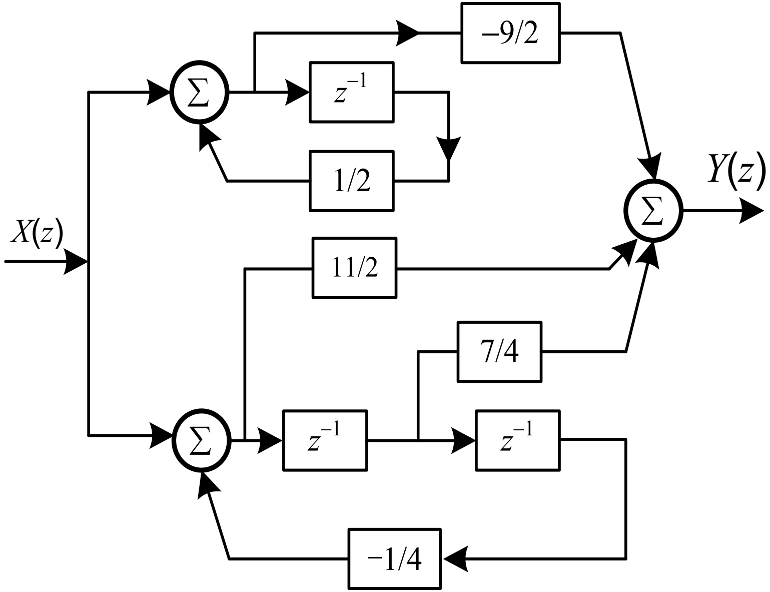
例：画出离散时间LTI系统$H(z)$的模拟框图。

该系统的系统函数为：$H(z)=\dfrac{1-z^{-1}-2z^{-2}}{1-0.5z^{-1}+0.25z^{-2}-0.125z^{-3}}$

解：3）并联型结构

$$H(z)=\frac{1-z^{-1}-2z^{-2}}{1-0.5z^{-1}+0.25z^{-2}-0.125z^{-3}}$$

$$=\frac{-4.5}{1-0.5z^{-1}}+\frac{5.5+1.75z^{-1}}{1+0.25z^{-2}}$$



例：设计数字正弦波自激振荡器，给出系统单位脉冲响应 $h[k]$、系统传输函数$H(z)$，并画出系统模拟框图。

解：为保证系统自激，系统函数极点应位于 z 平面的单位圆上，系统响应的时域信号为等幅的正弦波。

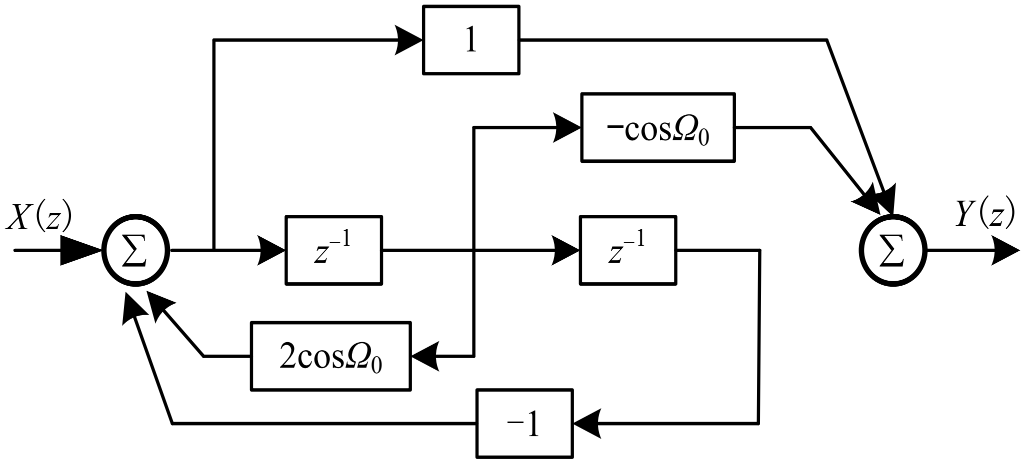
$$\delta[k] \longrightarrow \boxed{\text{自激振荡器}\ h[k]} \longrightarrow y[k]=\cos(\Omega_0 k)u[k]$$

单位脉冲响应： $h[k]=\cos(\Omega_0 k)u[k]$

系统传输函数： $H(z)=\dfrac{z^2-z\cos\Omega_0}{z^2-2z\cos\Omega_0+1}$

例：设计数字正弦波自激振荡器，给出系统单位脉冲响应$h[k]$、系统传输函数$H(z)$，并画出系统模拟框图。

系统传输函数：$H(z)=\dfrac{z^2-z\cos\Omega_0}{z^2-2z\cos\Omega_0+1}=\dfrac{1-z^{-1}\cos\Omega_0}{1-2z^{-1}\cos\Omega_0+z^{-2}}$



模拟框图

器件MT8880

数字自激振荡器的实际应用

自激振荡器广泛用于按键式电话机中双音多频(DTMF)信号的产生。

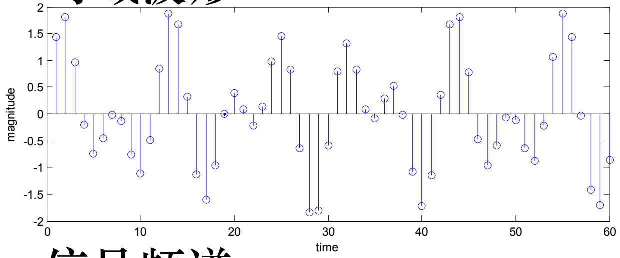
MT8880

DTMF信号产生规律(Hz)

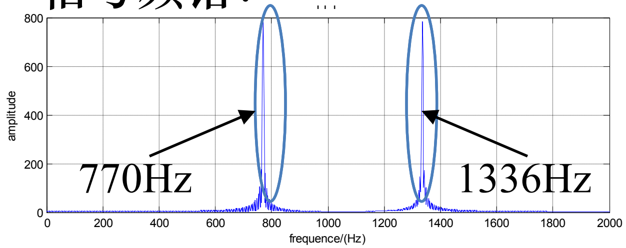
低频组 \ 高频组	1209	1336	1447	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
850	7	8	9	C
941	*	0	#	D

按键 “5”

时域波形：



信号频谱：



数字自激振荡器的实际应用

如何由数字振荡器产生频率f_0=770Hz、1336Hz的振荡信号$y(t)$?

$$\delta[k] \longrightarrow \boxed{h[k]} \xrightarrow{y[k]=\cos(\Omega_0 k)} \boxed{\text{D/A}} \longrightarrow y(t)=\cos(2\pi f_0 t)$$

$$T = 1/f_{\text{rec}}$$

根据振荡信号频率f_0，确定离散余弦信号的角频率Ω_0的值。

首先定义Ω_0的值，使$\cos(\Omega_0 k)$成为周期为N的离散序列。

$$\Omega_0 = \frac{2\pi}{N} \qquad \omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{2\pi}{NT} = \frac{\Omega_0}{T} \quad \longrightarrow \quad f_0 = \frac{1}{NT} = \frac{f_{\text{rec}}}{N}$$

数字自激振荡器的实际应用

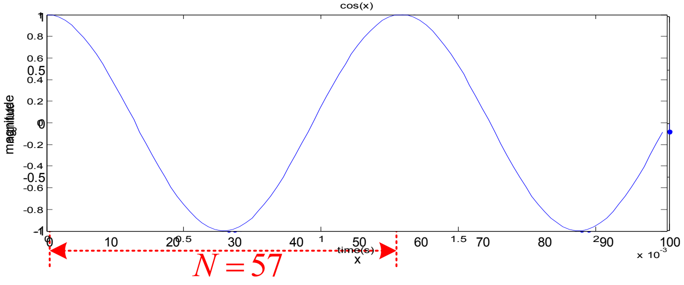
如何由数字振荡器产生频率f_0=770Hz、1336Hz的振荡信号$y(t)$?

$N = 57$

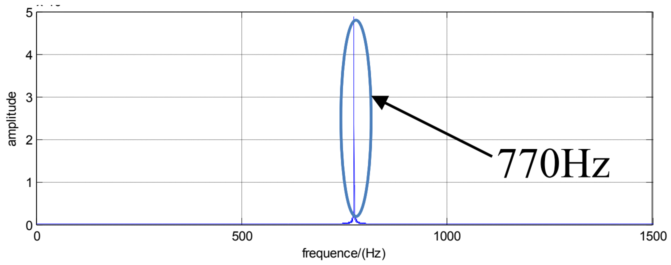
$f_{rec} = 1/T = 44.1\text{kHz}$

$f_0 = 1/NT = 770\text{Hz}$

时域波形



信号频谱

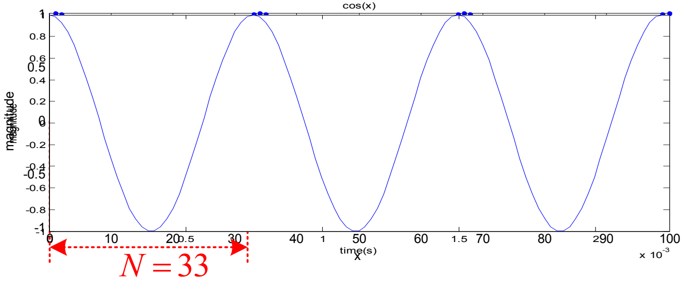


$N = 33$

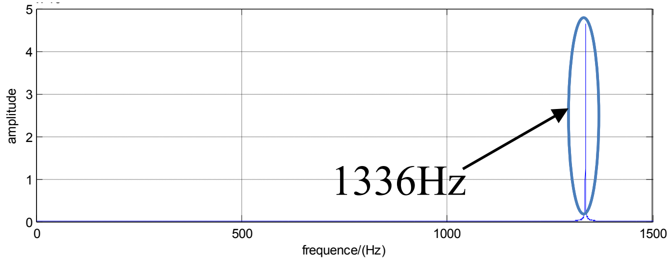
$f_{rec} = 1/T = 44.1\text{kHz}$

$f_0 = 1/NT = 1336\text{Hz}$

时域波形



信号频谱



谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事、同行、朋友的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！