

大作业：某一礼堂有明显的回音，那么一个初始的声音冲激之后将会跟着一些衰减了的原声音冲激，它们在空间间隔上都是有规律分布开的。因此，对这一现象常常使用的模型是一个线性时不变系统，该系统的冲激响应由一个冲激串组成，即

$$h(t) = \sum_{k=0}^{\infty} h_k \delta(t - kT)$$

其中， T 表示回波发生的间隔， h_k 表示由初始声音冲激产生的第 k 次回波的增益因子。

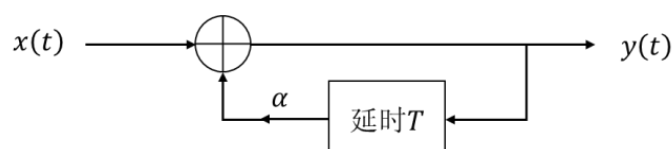
假定 $x(t)$ 代表原声音信号，而 $y(t) = x(t) * h(t)$ 是实际听到的未经回音消除处理的信号。为了消除由回音引入的失真，假定用拾音器检测 $y(t)$ ，并把获得的信号转换成电信号，仍然用 $y(t)$ 表示这个信号，因为它代表了与该声音信号等价的电信号，且经由声电转换系统可从一处传至其他地方。

拟找到一个线性时不变系统，使它的冲激响应 $g(t)$ 满足 $y(t) * g(t) = x(t)$ ，于是按此方法处理电信号 $y(t)$ ，然后再变换成声音信号，就能消除令人烦恼的回音。所要求的冲激响应 $g(t)$ 也是一个冲激串：

$$g(t) = \sum_{k=0}^{\infty} g_k \delta(t - kT)$$

求各个 g_k 所必须满足的代数方程组，并用 h_k 解出 g_0 ， g_1 和 g_2 。

- (a) 假设 $h_0 = 1$ ， $h_1 = 1/2$ ，而当 $i \geq 2$ 时所有的 $h_i = 0$ ，求 $g(t)$ ；
 (b) 回波产生器的模型可用下图表示。所以，每一个回波都代表了被延迟 T 秒并乘以比例因子 α 后被反馈回来的 $y(t)$ 。由于回波总是衰减了的，所以 $0 < \alpha < 1$ 。



- (i)假定系统初始松弛，该系统的单位冲激响应是什么？即若 $t < 0$ 时 $x(t) = 0$ ，则 $t < 0$ 时 $y(t) = 0$ 。

(ii)证明：若 $0 < \alpha < 1$ 则系统是稳定的；若 $\alpha > 1$ 则系统是不稳定的。

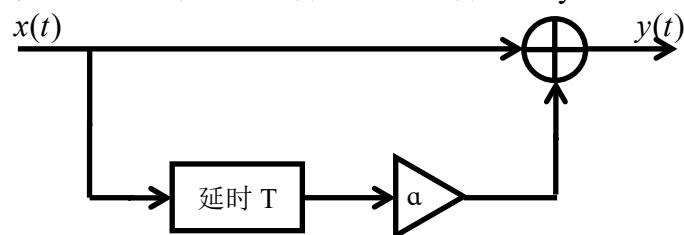
(iii)这时 $g(t)$ 是什么？用相加器、系数相乘器和 T 秒延迟单元构成这个逆系统。

(c)利用 Matlab 的 load 命令将采集到的声音数据 lineup.mat 导入进计算机中。设计一个回音消除系统，把消除回声的信号存入向量 we，并利用 sound 命令听一下输入和输出信号，以验证回声消除的效果。

关于此问题及文件”lineup.mat”的说明：

- 1、文件中共含有 3 个 MATLAB 向量：y、y2 与 y3；各向量的长度为 7000，采样频率为 8192Hz。

- 2、向量 y 中的语音信号有一次回声，回声由形式如下图的系统生成。回声参数已知： $T=1000$ ， $\alpha=0.5$ ；为便于计算，不考虑该回声的二阶及以上分量。利用相关回声参数，设计一个回声消除系统，消除向量 y 中的回声。



- 3、向量 y_2 中的语音信号有一次回声，该回声由形式与上一问中相同的系统生成。为便于计算，不考虑该回声的二阶及以上分量；该语音信号中，回声参数（ T 、 α ）与向量 y 中不同。请设计程序求出该回声参数，并设计一个回声消除系统，消除其中的回声。
- 4、向量 y_3 中的语音信号有两次回声，由形如下图的系统生成，两次回声的参数（ T_0 、 α_0 ； T_1 、 α_1 ）各不相同，且均未知。为便于计算，不考虑各次回声的二阶及以上分量。请设计程序求出该信号中两次回声的参数，并设计一个回声消除系统，消除其中的回声。

提示：考虑信号 $R_{yy}[n] = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} y[m+n]y[m]$ 为信号 $y[n]$ 的自相关函数，该函数经常用于回声时间估计应用中。

