

实验一 自动增益控制（AGC）系统的建模与仿真

一、实验目的

通过实验 AGC 系统的基本工作原理，以及 AGC 系统的建模与仿真方法。

二、实验原理

1. AGC 系统的构成和基本原理

接收机动态范围是接收机的核心参数之一，是指从接收机能够接收检测到的最小信号功率到其饱和功率之间的功率变化范围。即：

$$D_y = 10\lg \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \quad \text{dB}$$

一般接收机有 60-80dB 的动态范围，有些接收机最大动态范围要求可能超过 100dB。为了使接收机实现较大的动态范围，一项关键技术是在接收机中采用自动增益控制（AGC）技术，AGC 系统是一个闭环负反馈自动控制系统，其实现大动态范围的原理如下图所示。即对小信号的增益高，对大信号的增益低，从而使输出动态范围远远小于输入动态范围。

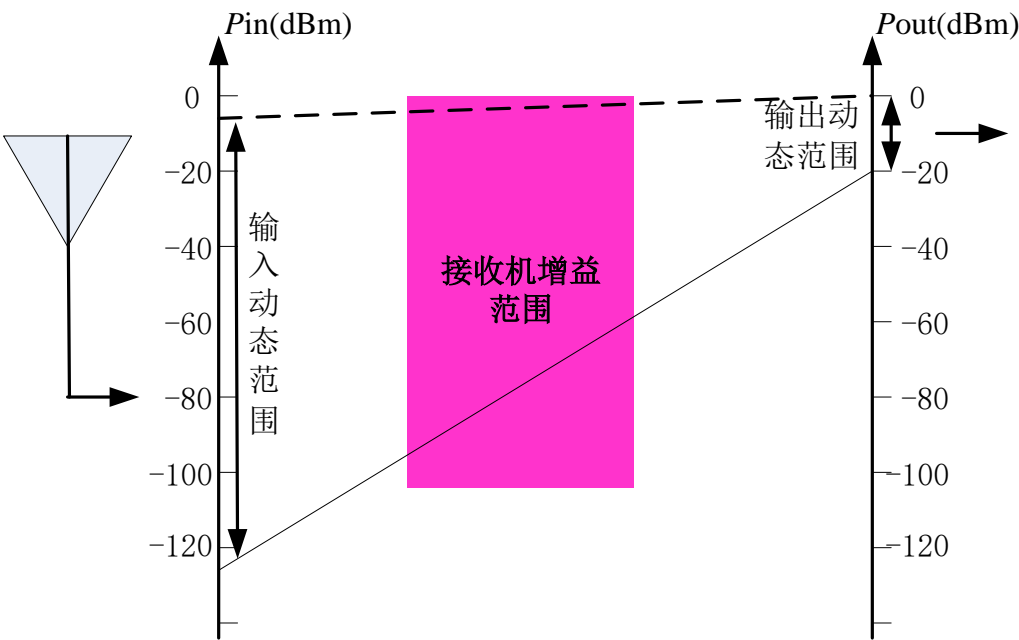


图 1 用 AGC 通过可变增益实现动态大输入动态范围示意图

AGC 系统的一般原理框图如下图所示，

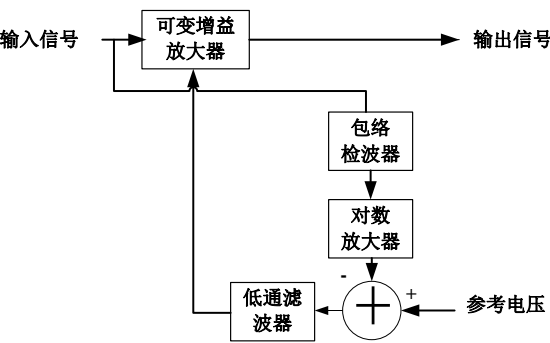


图 1 AGC 系统框图
其系统模型框图如下图所示。

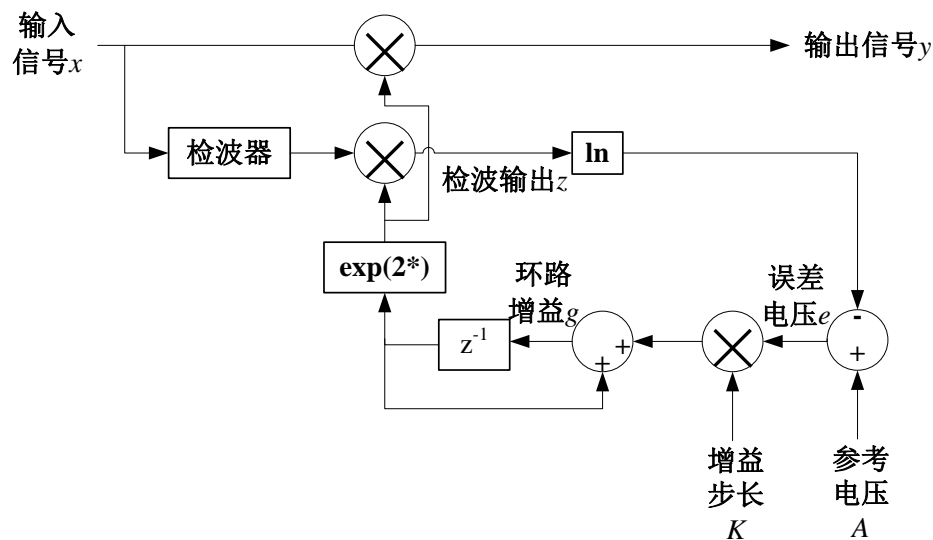


图 2 AGC 数学模型框图

图中， $x(n)$ 表示输入信号， $y(n)$ 表示输出信号， g 表示环路增益， $D(\cdot)$ 表示检波器函数， z 表示检波器输出， A 为参考电压， $e(n)$ 表示误差信号， K 表示增益步长调整。该原理图可以用如下方程来进行描述

$$y(n) = x(n) \cdot \exp(g(n-1))$$

$$z(n) = D(x(n)) \cdot \exp(2g(n-1))$$

$$e(n) = A - \ln(z(n))$$

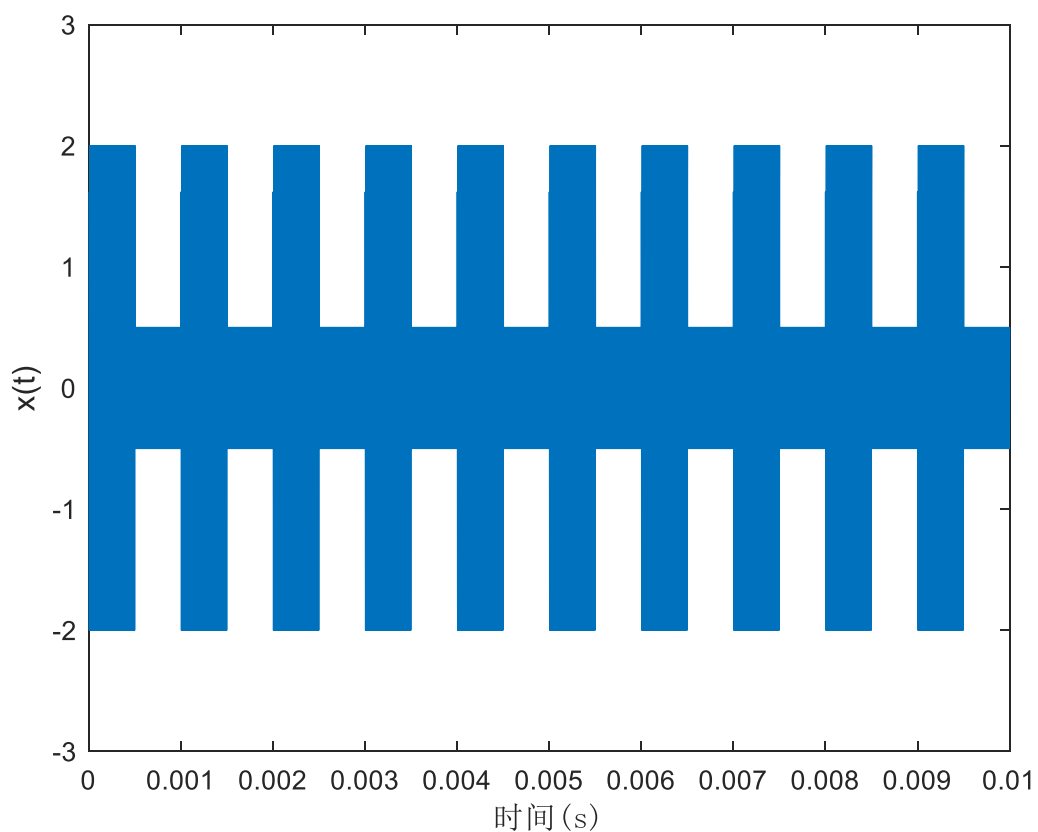
$$g(n) = g(n-1) + K \cdot e(n)$$

检波器可以采用平方律检波器或峰值包络检波器。

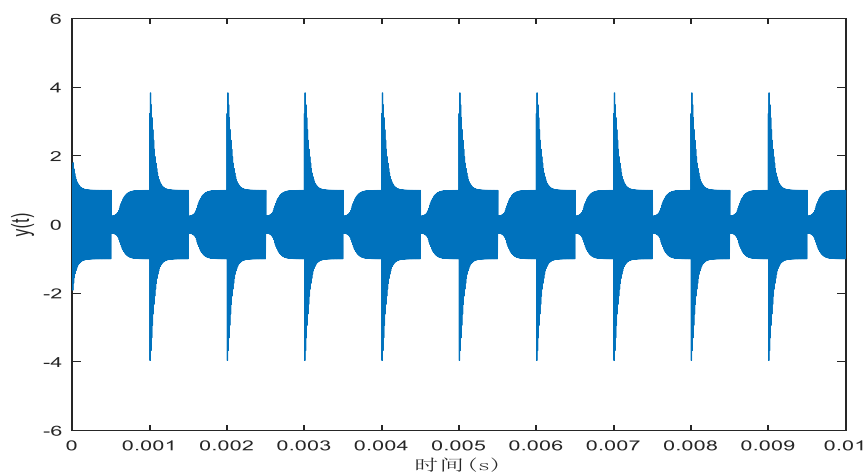
参考结果:

输入信号:

条件：幅度为 2 和 0.5 交替变化的信号；仿真的时间长度为 0.01s，调制周期为 0.001s，采样频率为 100kHz，载波频率为 10kHz。



输出信号: 参考电压为 1, 增益步长为 0.01, 最大增益为 60dB, 峰值检波器平均时间为 1ms。

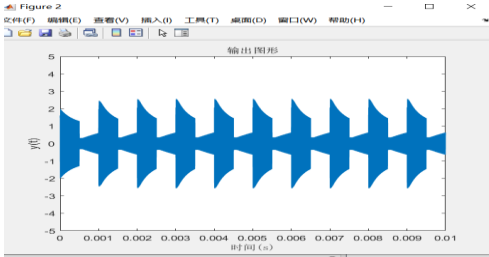
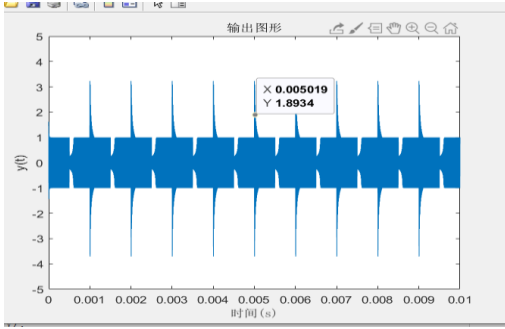
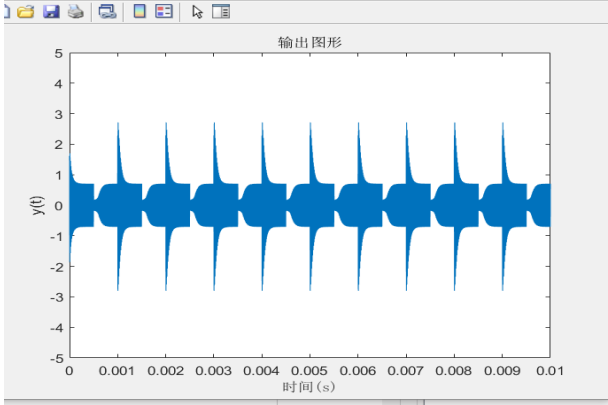
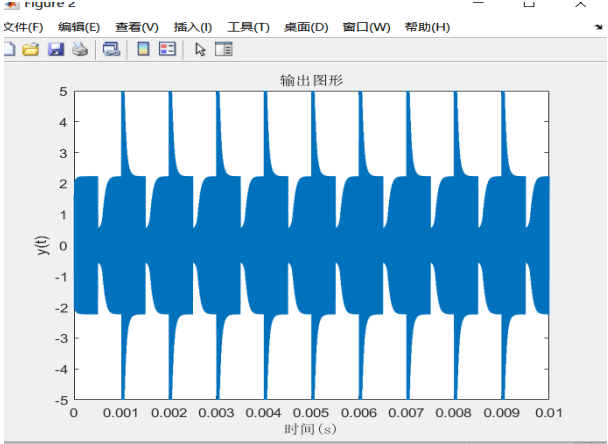


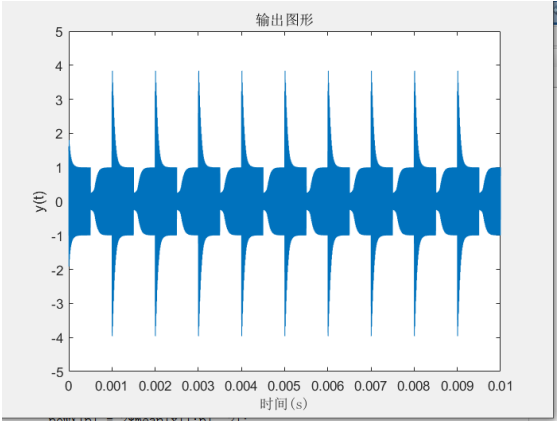
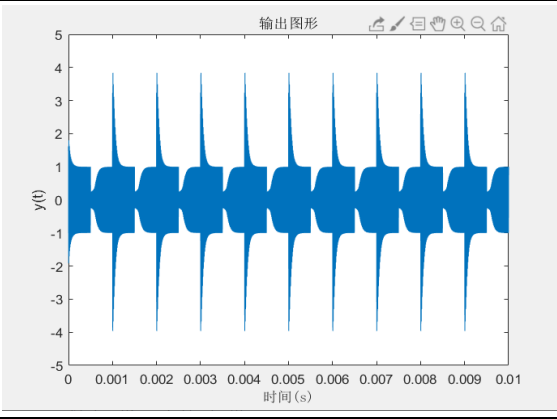
四、实验报告要求:

1. 结合系统设计, 说明 AGC 系统的基本工作原理。

将输入信号经过闭环反馈在与输入信号相乘得到输出信号, 输入信号越大, 误差信号越小, 环路增益越小, 输出信号较输入较小越明显, 同时对减小对后来输入信号的增益, 增大后来信号误差效果, 从动态范围看, 对连续信号的起伏变化有抑制效果

2. 写出实验流程, 获得仿真结果记录如下表;

参考电压	增益步长	最大增益	输出图形	结果分析
1	0.001	60		波峰变宽, 波谷变细
1	0.1	60		波峰变细, 波谷变宽
0.5	0.01	60		整体高度下降, 整体波形上下缩小
5	0.01	60		整体高度上升, 整体波形上下拉大

1	0.10	50		无 明 显 变化
1	0.10	70		无 明 显 变化

3. 对仿真结果和理论分析结果进行对比分析和讨论。

增益步长越小，闭环增益越小，对于连续信号起伏的抑制作用较弱，增益步长越大，闭环增益越大，对于连续信号起伏的抑制作用较明显，若增益步长接近无穷小输出图形将于输入图形一致，若增益步长接近无穷大，输出图形将失去高峰，全为等高平缓信号

参考电压对于连续信号起伏的抑制作用影响较小，但是对于连续信号起伏的抑制作用影响较小，参考电压越低，误差信号越低，输出波形整体越低，参考电压越高，误差信号越高，输出波形整体越高，

最大增益对于输出波形没有明显影响

实验二 PID 智能小车自动控制实验

一、实验目的

掌握 PID 系统的基本工作原理，通过 PID 算法在单片机实验平台上实现小车的快速精确定位。

二、实验原理

2. PID 系统的基本原理

PID 是 Proportional(比例)、Integral(积分)、Differential(微分)三者的缩写。PID 调节是连续控制系统中技术最成熟、应用最广泛的调节方式。PID 调节实质是根据输入的偏差值，按照比例、积分、微分的函数关系进行运算，运算结果用以控制输出，使系统达到稳定的算法。

连续系统的 PID 公式为：

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

其中， K_p 为比例系数， T_I 为积分时间常数， T_D 为微分时间常数， $e(t)$ 为偏差量， $u(t)$ 为控制量。从上面的式子中可以看出比例控制 K_p 能提高系统的动态响应速度，从而快速减少误差，但是不能消除误差，在误差较小时会发生震荡。 T_I 为积分控制系数，用于消除稳态误差，只要系统存在误差积分作用就会不断积累，输出控制量来消除稳态误差，如果偏差为零积分停止，但是积分作用太强会使得超调量加大，甚至使系统出现震荡。 T_D 为微分控制，微分与变化率有关，可以减小超调量来克服震荡，使系统稳定性提

高，同时加快响应速度，使系统稳定更快有更好的动态性能。PID 公式离散化与增量式 PID

计算机控制是一种采样控制，只能根据采样时刻的偏差来计算控制量，因此计算机控制系统中，必须对公式进行离散化，具体就是用求和代替积分，用向后差分来代替微分，使模拟 PID 离散化为数字形式的差分方程：

$$u(k) = K_p e(k) + K_I \sum_{i=0}^k e(i) + K_D [e(k) - e(k-1)]$$

将 PID 公式离散化后就可以用计算机来实现 PID 算法，但是根据离散 PID 公式可以看出，

输出的数字调节信号与过去所有的偏差信号有关，计算机需要将所有过去的 $e(i)$ 进行累加，运算量很大，这种离散的 PID 算法一般称为位置式 PID 算法。为了减少计算量，一般会对位置式 PID 算法进行改进，使用增量式 PID 算法。

增量式 PID 与位置式 PID 算法没有本质区别，对位置式 PID 取增量，可以得到：

$$\Delta u(k) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_I e(k) + K_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]$$

因此当前时刻控制量 $u(k)$ 可以由上次采样时刻的控制量 $u(k-1)$ 到：

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k)$$

增量式 PID 算法只需要 $u(k)$ 、 $u(k-1)$ 、 $u(k-2)$ 三个时刻的采样值，相比位置式 PID 大幅减少了计算量和内存的使用量，在工程中更为常用。