

超声波测距综合实验

本实验要求设计制作超声波应用电路，实现超声波测距，并将测得距离显示至数码管。

1.超声波测距原理

激励信号通过超声波发射器发射超声波，声波在空气中传播，经障碍物反射或者直接传播至超声波接收器，获得收发信号间的时间差 Δt ，结合声波在空气中的传播速度 v ，即可得出发射器与障碍物及接收器的距离 d ，如图 1 所示为超声波收发器，T 为发射器，R 为接收器，且管脚中更靠近外壳的为负。



图 1 超声波收发器

2.超声测距参考电路

如图 2 所示为测距的电路结构，核心控制器产生激励信号，为能更好得振荡超声波发射器，将激励信号经过电平转换后加至发射器，接收器接收的声波信号，声波信号经过信号调理模块进行滤波，比较和电平转换，送至核心控制器，核心控制器记录收发时间差，计算距离。

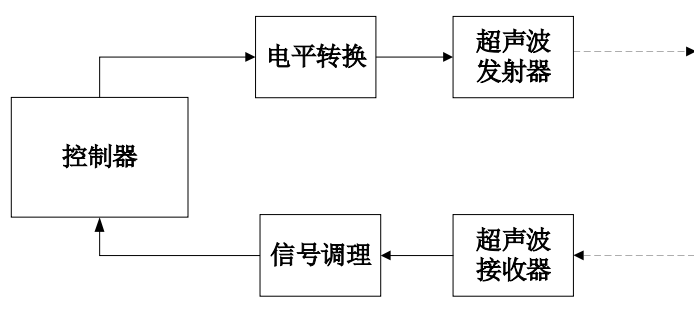


图 2 超声测距系统结构

(1) 发射端

发射激励信号一般选择 n 个 40KHz 的脉冲激励信号，如图 3 所示为通过 Max232 芯片进行电平转换的参考电路，控制器输出两路反相的脉冲激励信号，经过 Max232 转换为电压更高的差分信号激励信号激励超声波发射器。

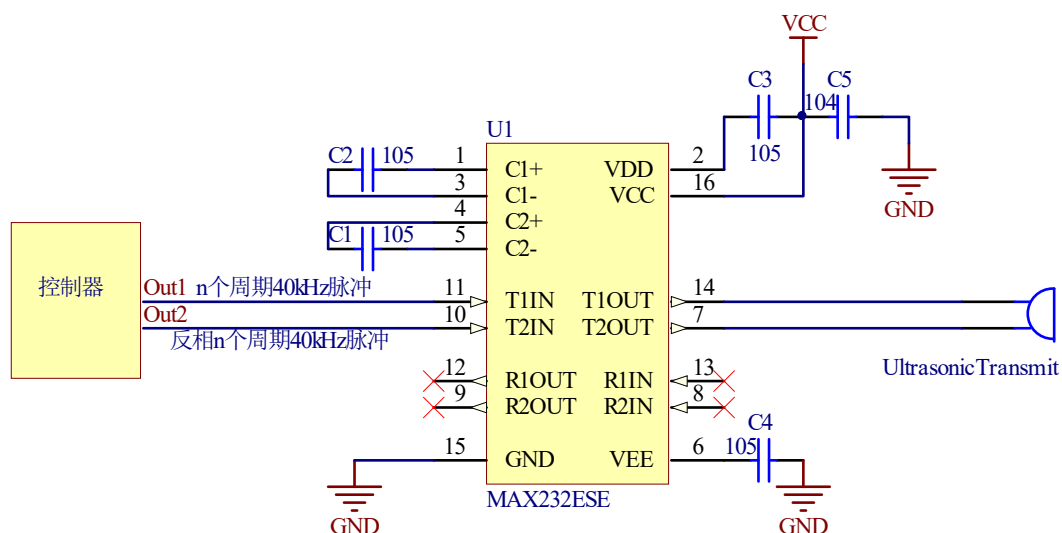


图 3 MAX232 构成发射端参考电路

(2) 接收端

超声波接收器受到声波振荡后经过滤波电路，滤出与发射段同频信号，经过比较电路、电平转换电路整形出 40kHz 脉冲信号送至控制器进行识别。

如图 4 所示为接收端的滤波参考电路。

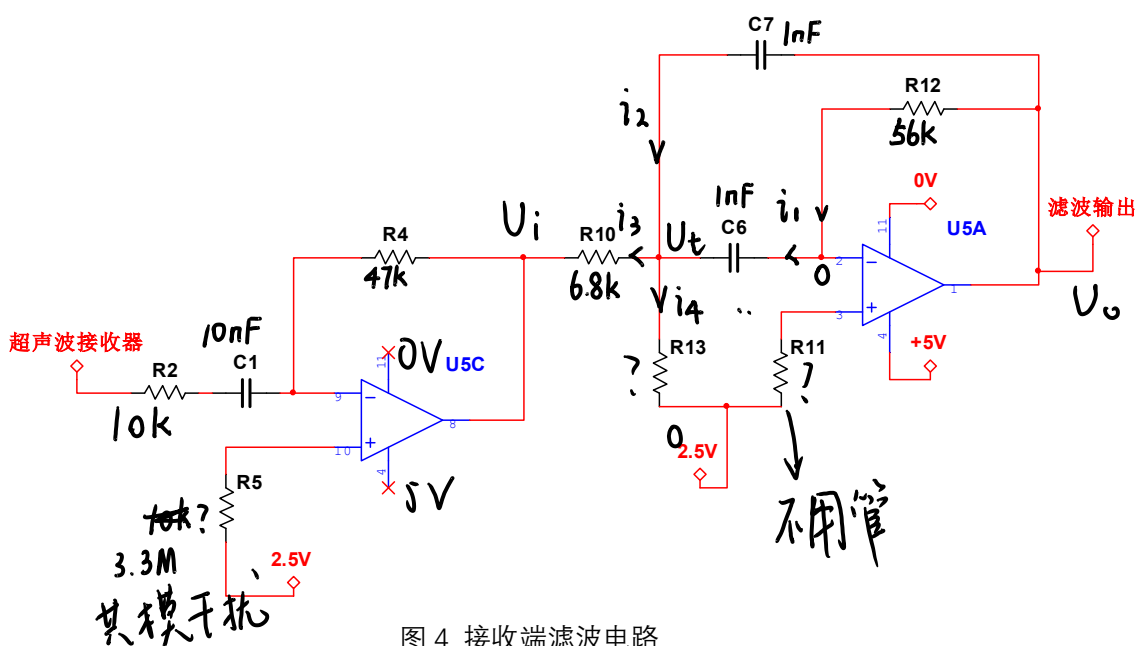


图 4 接收端滤波电路

滤波电路由高通滤波级联带通滤波电路构成，运放使用 LM324，电路采用单电源低电压 5V 供电，将信号进行电压抬高至 2.5V，如图 5 所示为 TL431 构成的 2.5V 基准电路。

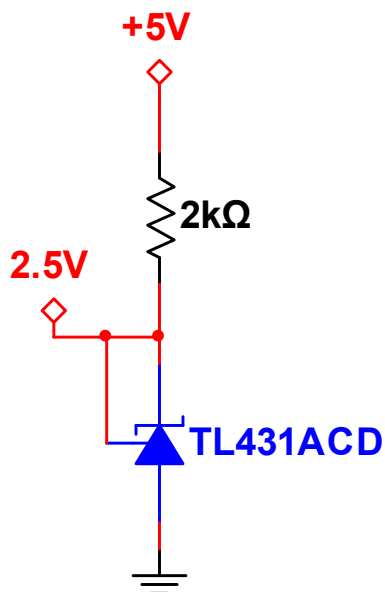


图 5 2.5V 基准电路

如图 6 所示为信号整形电路，由比较电路和 NPN 晶体管构成的电平转换电路组成，将滤波输出信号整形为 40kHz 脉冲信号，高电平为 5V，若需 3.3V 电平可将晶体管供电改为 3.3V。

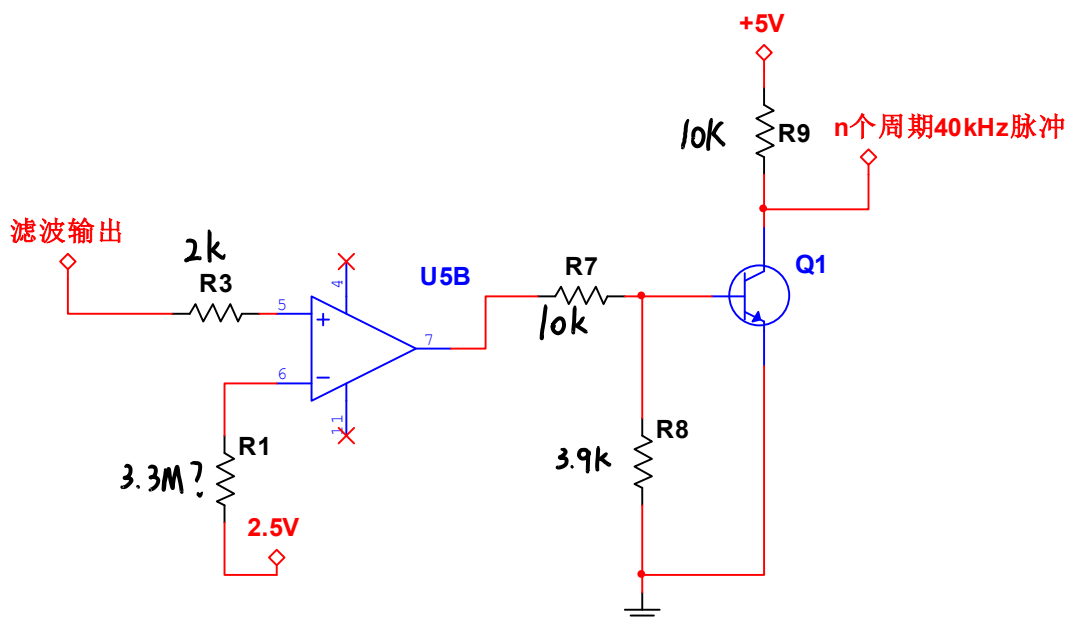


图 6 接收端信号整形电路

如图 7 所示为单次测距接收端实测信号参考，通道 2 为超声波接收器管脚处波形，通道 1 为信号调理输出的 40kHz 脉冲信号波形。

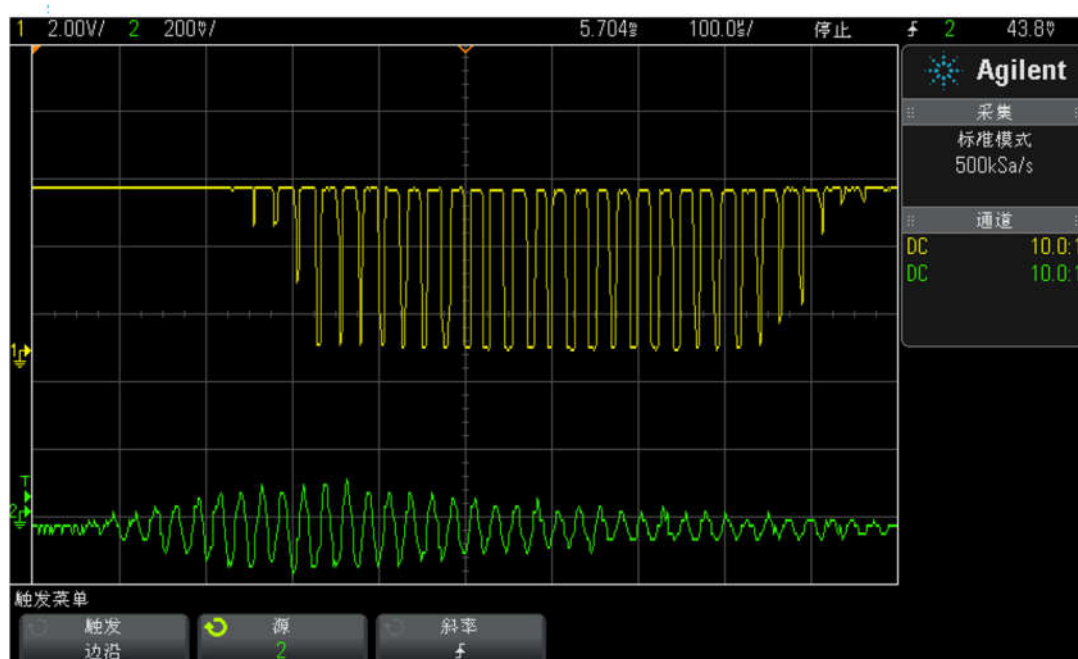


图 7 接收端信号调理实测波形参考

(3) 控制器软件设计

在 FPGA 开发板 EGO 上产生控制信号，并对超声波处理电路进行分析处理，计算距离信息。

EGO 板上为用户提供了灵活的通用接口 (J5) 用来作 I/O 扩展, 共提供 32 个双向 IO, 每个 IO 支持过流过压保护。可以选择其中两个管脚作为频率计的输入及测试时钟信号的输出, 管脚位置分布如图 10 所示。

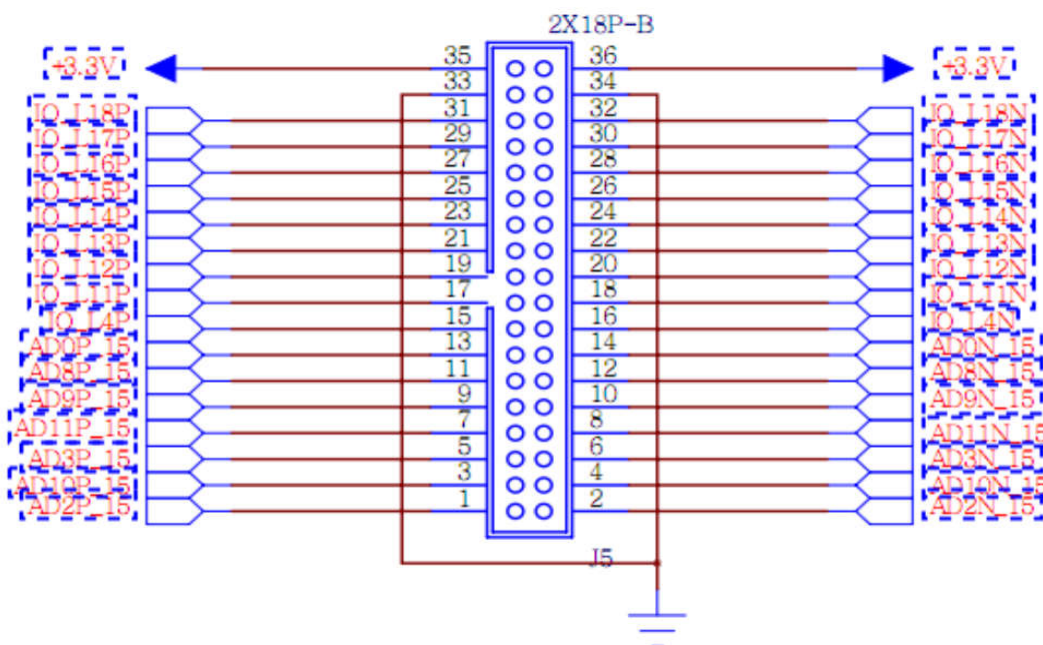


图 10 EGO FPGA 板 IO 端口分布

管脚编号如下表所示：

2x18 标号	原理图标号	FPGA IO PIN
1	AD2P_15	B16
2	AD2N_15	B17
3	AD10P_15	A15
4	AD10N_15	A16
5	AD3P_15	A13
6	AD3N_15	A14
7	AD11P_15	B18
8	AD11N_15	A18
9	AD9P_15	F13
10	AD9N_15	F14
11	AD8P_15	B13
12	AD8N_15	B14
13	AD0P_15	D14
14	AD0N_15	C14
15	IO_L4P	B11
16	IO_L4N	A11
17	IO_L11P	E15
18	IO_L11N	E16
19	IO_L12P	D15
20	IO_L12N	C15
21	IO_L13P	H16
22	IO_L13N	G16
23	IO_L14P	F15
24	IO_L14N	F16

表 1 FPGA 外部端口编号

3、系统联调

采用面包板接线或洞洞板焊接方式搭建超声波测距硬件电路,不得使用成品超声波测距模块;在确保模拟电路输入、输出电平在 0-3.3V 内的情况下(否则将损坏 FPGA 板,需照价赔偿),将所设计的超声波信号处理电路部分输出送入 FPGA,进行系统的综合调试,调整各模块的参数或程序, EGO 板上数码管显示相关信息。