

项目六 多功能数字钟电路设计与制作



项目要求

请应用所学习的数字电子技术知识，设计并制作一个多功能数字钟电路，要求：

- (1) 数字钟能完成时、分、秒的准确计时并能清晰地显示。
- (2) 数字钟具有整点报时功能和快速校时功能。在整点的前 10 秒开始四低（500Hz 左右）一高（1kHz 左右）五声鸣笛，每次鸣笛 1 秒，间隔 1 秒。
- (3) 线路板不大于 $150\text{mm} \times 270\text{mm}$ ，线路排列规律清晰，元件布局合理，便于检测维修。
- (4) 实训报告内容完整，包括设计内容、原理表述、框图、原理图、电路的制作过程和调试内容、对设计的改进意见和可选方案、经验总结等。文字简练流畅，书写绘图规范。



项目目标

项目分 4 个任务进行实施，通过本项目的实施，达到如下目标。

1. 学会整体电路设计的基本方法和步骤，能正确绘出功能框图。
2. 掌握施密特、单稳态触发器与多谐振荡器的基本参数和功能。
3. 能正确综合应用学习过的知识进行电路设计。
4. 能合理选用电路元器件并能理解其封装的含义。
5. 能合理设计电路布局并能正确制作出电路。

任务一 多功能数字钟的功能分析与框图设计

■ 技能目标

1. 能正确划分电路的功能单元。
2. 能正确画出电路框图并能清楚解释各部分的功能。

■ 知识目标

掌握电路功能框图的绘制方法。

■ 实践活动与指导

学生分组进行电路设计的信息搜集和计划制定，团队协作完成电路功能划分和框图设计。教师组织学生以小组为单位进行展示和交流。

■ 知识链接与扩展

一、电路功能分析

认真进行设计要求分析，要完成设计功能，需要具备的功能如下。

- (1) 数字钟计时电路，包括时、分、秒三部分。
- (2) 时间显示电路，包括显示驱动部分和显示器部分。
- (3) 整点报时电路，包括整点的逻辑判断和声响电路。
- (4) 快速校时电路。
- (5) 整个电路脉冲产生和分频电路。

读者可以根据自己的要求和想法增加功能，如秒表功能、闹钟功能、音乐发声等。满足以上5个功能，就达到本项目的设计要求。

二、数字钟功能框图

电路功能框图又称方框图，方框内有说明电路功能的文字，一个方框代表一个基本单元电路或者集成电路中一个功能单元电路等。电气设备中任何复杂的电路都可以用相互关联的方框图形象地表述出来。电路框图主要有：信号流程框图、电路组成原理框图、各种集成电路内部功能单元电路框图、各单元电路的具体电路框图等。

信号流程图具有一定的逻辑性，在画信号流程框图时，只要将信号流经的各功能单元电路用方框图表示，再将这些方框图按一定的逻辑顺序排列起来即可。

在画电路组成原理方框图时，要将各功能单元电路都用小方框表示，但不涉及各功能电路的内部电路，如果某功能单元电路结构比较复杂，可画出一个或多个分支方框图，同时注意各方框图必须按照信号流程的顺序进行排列。

在画集成电路内部电路框图时应注意三条原则：一是按信号走向的顺序排列各内部单元电路，二是让所有功能引脚都与内部电路连接起来，三是标明电源引脚和接地引脚。

各单元电路的具体电路是指各功能单元电路的具体组成电路，其画法与前三框图画法相似，也应根据信号的流向，不过有时还需要画出关键性的具体分立元件。

“电路框图”是电气设备的核心和灵魂，根据这个“框架”去分析设备原理图，“框”出它的各单元电路，了解各单元电路在原理图中的位置、相互关系及其功能，就能很好地把握该设备的电路工作原理。

多功能数字钟电路的参考框图如图 6.1.1 所示。

■ 巩固与提高

1. 知识巩固

形象地表述电路的相互关联的方框图称为_____图又称方框图，主要包括：_____流程图、

原理框图、各种集成电路内部功能单元电路框图、各单元电路的具体电路框图等。

2. 任务作业

各学习小组将各自设计的电路功能框图绘制出来并进行展示、交流。

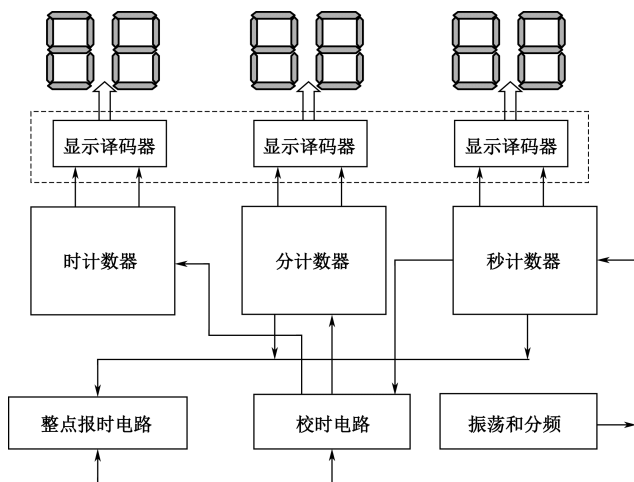


图 6.1.1 数字钟电路整体框图

任务二 时钟脉冲电路的认识与测试

■ 技能目标

1. 能正确使用施密特电路、单稳态电路、多谐振荡器。
2. 能正确绘出以上三种电路的输出波形。
3. 能用 555 定时器构成施密特电路、单稳态电路、多谐振荡器。
4. 能进行施密特电路、单稳态电路、多谐振荡器的基本参数计算。

■ 知识目标

1. 掌握施密特电路、单稳态电路、多谐振荡器的基本功能。
2. 认识 555 定时器的基本工作原理和功能。
3. 掌握 555 定时器构成施密特电路、单稳态电路、多谐振荡器的方法。
4. 掌握以上三种电路的参数计算方法。

■ 实践活动与指导

教师引导学生自主学习，通过分组讨论和问题交流来学习脉冲产生和整形电路。

■ 知识链接与扩展

一、脉冲电路的类型和脉冲波形的基本参数

数字系统中，只要存在时序电路部分，就需要有脉冲信号，因此时钟脉冲信号使用的频率非

常高。在上一项目中,我们已经学习了矩形脉冲的产生电路,在本项目中,继续深化脉冲电路的相关知识。

脉冲电路有脉冲整形电路和脉冲振荡电路,前者是将输入波形进行变换整形的电路,如施密特触发器、单稳态触发器;后者是脉冲产生电路,只要正常供电就能给我们提供脉冲信号,如多谐振荡器。

一个非理想脉冲波形的基本参数有:脉冲周期 T 、脉冲频率 f 、脉冲宽度 T_w 、占空比 q 等,具体请参阅项目一任务一内容。实际的矩形脉冲波 t_r 和 t_f 都不等于 0, T_w 、 U_m 和 T 也受很多因素影响而不稳定。理想的矩形脉冲波参数为: $t_r=t_f=0$, T_w 、 U_m 和 T 也是稳定的。

二、555 定时器的认识

555 定时器是一种多用途的单片大规模集成电路。该电路使用灵活、方便,只需要外接少量的阻容元件就可以构成单稳态、多谐和施密特触发器,因而在波形的产生与变换、测量与控制、家用电器和电子玩具等许多领域中都得到了广泛的应用。

目前生产的定时器有双极型和 CMOS 两种类型,其型号分别有 NE555 (或 5G555) 和 C7555 等多种。通常,双极型产品型号最后的三位数码都是 555,CMOS 产品型号的最后四位数码都是 7555,它们的结构、工作原理以及外部引脚排列基本相同。

一般双极型定时器具有较强的驱动能力,而 CMOS 定时电路具有低功耗、输入阻抗高等优点。555 定时器工作的电源电压范围很宽,并可承受较大的负载电流。双极型定时器电源电压范围为 5~16V,最大负载电流可达 200mA;CMOS 定时器电源电压变化范围为 3~18V,最大负载电流在 4mA 以下。

1. 555 定时器内部结构

如图 6.2.1 所示是一个 555 定时器的电气原理图和符号,其内部结构按功能单元划分如下。

(1) 分压器。分压器由三个 $5k\Omega$ 的电阻串联而成,将电源电压分为三等份,作用是为比较器提供两个参考电压,若控制端 S (5 号端) 悬空或通过电容接地,则: $U_{R1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ $U_{R2} = \frac{1}{3}V_{CC}$

若控制端 S 外加控制电压 U_s , 则:

$$U_{R1} = U_s$$

$$U_{R2} = \frac{U_s}{2}$$

(2) 两个电压比较器 C_1 和 C_2 :

当 $V_+ > V_-$ 时, $V_o=1$;

当 $V_+ < V_-$ 时, $V_o=0$ 。

(3) 基本 RS 触发器,当 $RS=01$ 时, $Q=0$, $\bar{Q}=1$; 当 $RS=10$ 时, $Q=1$, $\bar{Q}=0$ 。

(4) 放电三极管 T 及缓冲器 G。放电开关由一个晶体三极管组成,称其为放电管,其基极受基本 RS 触发器输出端 $\bar{Q}$ 控制。当 $\bar{Q}=1$ 时,放电管导通,放电端 D 通过导通的三极管为外电路提供放电的通路;当 $\bar{Q}=0$,放电管截止,放电通路被截断。

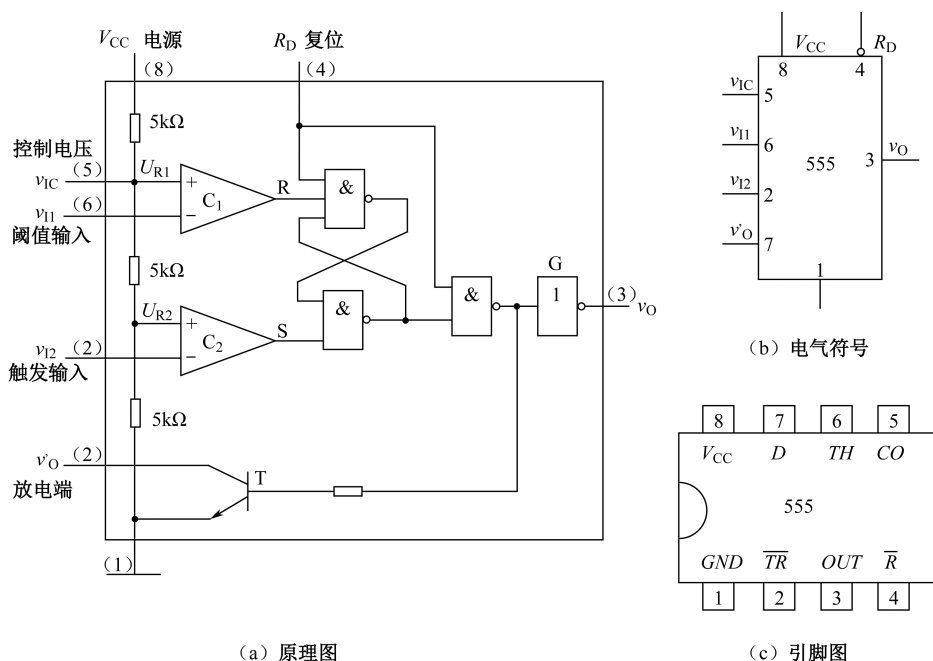


图 6.2.1 555 定时器的电气原理图和电气符号、引脚图

2. 工作原理

当 5 脚悬空时, 比较器 C_1 和 C_2 的比较电压分别为 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 和 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。

(1) 当 $v_{I1} > \frac{2}{3}V_{CC}$, $v_{I2} > \frac{1}{3}V_{CC}$ 时, 比较器 C_1 输出低电平, C_2 输出高电平, 基本 RS 触发器被置 0, 放电三极管 T 导通, 输出端 v_O 为低电平。

(2) 当 $v_{I1} < \frac{2}{3}V_{CC}$, $v_{I2} < \frac{1}{3}V_{CC}$ 时, 比较器 C_1 输出高电平, C_2 输出低电平, 基本 RS 触发器被置 1, 放电三极管 T 截止, 输出端 v_O 为高电平。

(3) 当 $v_{I1} < \frac{2}{3}V_{CC}$, $v_{I2} > \frac{1}{3}V_{CC}$ 时, 比较器 C_1 输出高电平, C_2 也输出高电平, 即基本 RS 触发器 $R=1$, $S=1$, 触发器状态不变, 电路亦保持原状态不变。

由于阈值输入端 (v_{I1}) 为高电平 ($> \frac{2}{3}V_{CC}$) 时, 定时器输出低电平, 因此也将该端称为高触发端 (TH)。

因为触发输入端 (v_{I2}) 为低电平 ($< \frac{1}{3}V_{CC}$) 时, 定时器输出高电平, 因此也将该端称为低触发端 (TL 或 $\overline{TR}$)。

如果在电压控制端 (5 脚) 施加一个外加电压 (其值在 $0 \sim V_{CC}$ 之间), 比较器的参考电压将发生变化, 电路相应的阈值、触发电平也将随之变化, 进而影响电路的工作状态。

另外, R_D 为复位输入端, 当 R_D 为低电平时, 不管其他输入端的状态如何, 输出 v_O 为低电平, 即 R_D 的控制级别最高。正常工作时, 一般应将其接高电平。

表 6.2.1 555 定时器的功能表

R_D	U_{TH}	U_{TR}	OUT	放电端 D
0	$\times$	$\times$	0	接地
1	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0	接地
1	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	保持原状态不变	保持原状态不变
1	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1	与地断开

从表 6.2.1 可见：

- (1) 当两个输入端都大于参考电压时，可以认为输入为 1，输出为 0。
- (2) 当两个输入端都小于参考电压时，可以认为输入为 0，输出为 1。
- (3) 当输入电压取值在两个参考值之间时，输出保持不变。

3. 555 定时器的主要参数

5G555（单时基双极型定时器）和 CC7555（单时基 CMOS 型定时器）的主要参数对比如表 6.2.2 所示。

表 6.2.2 两种 555 定时器的参数对比表

参数	单位	CMOS 型 CC7555	TTL 型 5G555
电源电压	V	3~18	4.5~16
静态电源电流	mA	0.12	10
定时精度	%	2%	1%
高电平触发端电压	V	$\frac{2}{3}U_{DD}$	$\frac{2}{3}V_{CC}$
高电平触发端电流	μA	0.00005	0.1
低电平触发端电压	V	$\frac{1}{3}U_{DD}$	$\frac{1}{3}V_{CC}$
低电平触发端电流	μA	0.00005	0.5
复位端复位电压	V	1	1
复位端复位电流	μA	0.1	400
放电端放电电流	mA	10~50	200
输出端驱动电流	mA	1~20	200
最高工作频率	kHz	500	500

从表 6.2.2 可见：

- (1) 二者的工作电源电压范围不同。
- (2) 双极型定时器输入输出电流较大，驱动能力强，可直接驱动负载，适于在有稳定电源的场合使用。
- (3) 单极型定时器输入阻抗高，工作电流小，功耗低且精度高，多用于需要节省功耗的领域。

三、施密特触发器（Schmitt Trigger）

施密特触发器是具有滞回特性的数字传输门，是一种脉冲信号变换电路，用来实现整形和鉴幅。

1. 用 555 定时器构成施密特触发器

设输入信号 v_I 为锯齿波，幅度大于 555 定时器的参考电压 $\frac{2}{3}V_{CC}$ （控制端 S 通过滤波电容接地），电路输入输出波形如图 6.2.2 (b) 所示。根据 555 定时器功能表 6.2.1 可知：

(1) $v_I < \frac{1}{3}V_{CC}$ 时， v_{O1} 输出高电平。

(2) 当 v_I 上升到 $\frac{1}{3}V_{CC} \sim \frac{2}{3}V_{CC}$ 时， v_{O1} 输出保持不变，为高电平。

(3) 当 $v_I > \frac{2}{3}V_{CC}$ 时， v_{O1} 输出低电平，当继续上升， v_{O1} 保持不变。

(4) 当 v_I 下降时，在 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 以上 v_{O1} 输出低电平，当下降到 $\frac{1}{3}V_{CC} \sim \frac{2}{3}V_{CC}$ 时， v_{O1} 输出保持不变，为低电平。

(5) 当 v_I 下降到 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 时，电路输出跳变为高电平。而且在 v_I 继续下降到 0V 时，电路的这种状态不变。

图 6.2.2 中， R 、 V_{CC2} 构成另一输出端 v_{O2} ，其高电平可以通过改变 V_{CC2} 进行调节。

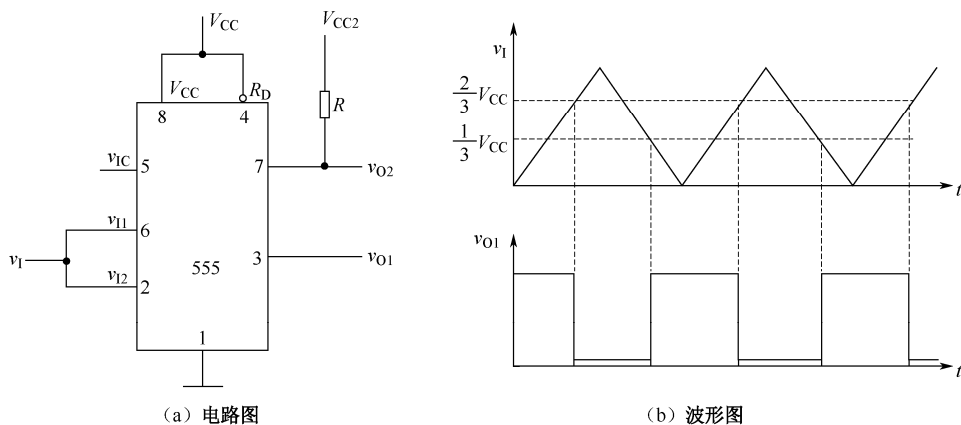


图 6.2.2 555 定时器构成的施密特触发器

2. 电压滞回特性和主要参数

施密特触发器具有电压滞回特性，即触发器在输入电压从小到大变化和从大到小变化时，所对应的转折电压（阈值电压）是不同的。如图 6.2.3 所示是施密特触发器的逻辑符号和 555 定时器构成的施密特触发器的特性曲线，可以明显看出输出电压 v_O 发生状态变化时对应了两个转折电压，当输入 v_I 从小到大变化（ $0 \rightarrow V_{CC}$ ）时，对应的转折电压是 $\frac{2}{3}V_{CC}$ ，反之当输入 v_I 从大到小变化（ $V_{CC} \rightarrow 0$ ）时，对应的转折电压是 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。施密特触发器的主要静态参数如下。

(1) 正向转折电压 V_{T+}

正向转折电压 V_{T+} 指 v_I 上升过程中，输出电压 v_O 由高电平 V_{OH} 跳变到低电平 V_{OL} 时所对应的输入电压值，也称为上限阈值电压，555 定时器构成的施密特触发器的正向转折电压是 $V_{T+} = \frac{2}{3}V_{CC}$ 。

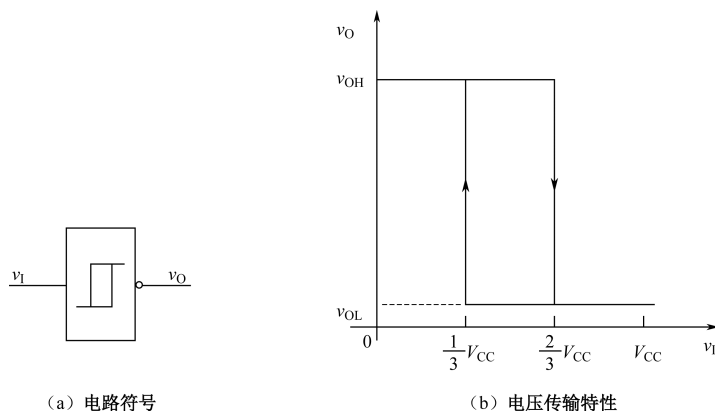


图 6.2.3 施密特触发器的电路符号和电压传输特性

(2) 负向转折电压 V_T

v_I 下降过程中, 输出电压 v_O 由低电平 V_{OL} 跳变到高电平 V_{OH} 时, 所对应的输入电压值, 也称为下限阈值电压, 555 定时器构成的施密特触发器的负向转折电压 $V_T = \frac{1}{3}V_{CC}$ 。

(3) 回差电压 ΔV_T

回差电压又叫滞回电压, 是正向转折电压与负向转折电压的差值, 定义为 $V_{T+} - V_T$, 555 定时器的回差电压为:

$$\Delta V_T = V_{T+} - V_T = \frac{1}{3}V_{CC}$$

若在电压控制端 V_{IC} (5 脚) 外加电压 V_S , 则将有 $V_{T+} = V_S$ 、 $V_T = V_S/2$ 、 $\Delta V_T = V_S/2$, 而且当改变 V_S 时, 它们的值也随之改变。

3. 施密特触发器分类及其他施密特触发器

施密特触发器有正向特性和反向特性之分, 以上学习的 555 定时器构成的施密特触发器是反向特性的, 还有正向特性的施密特触发器, 其特性如图 6.2.4 所示。

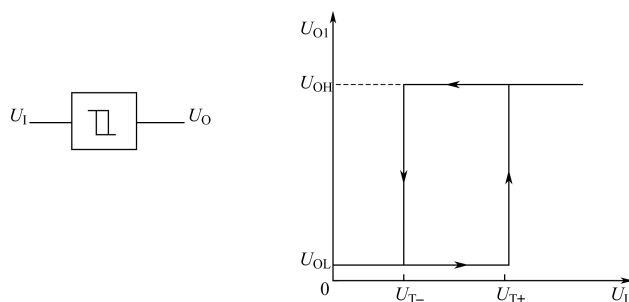


图 6.2.4 正向特性施密特触发器的电路符号和电压传输特性

施密特触发器还可以由门电路构成, 如用 CMOS 门构成施密特触发器如图 6.2.5 所示, 其门电路的转折电压 $U_{TH} = \frac{1}{2}V_{DD}$, 可以推算出其关键参数如下:

$$U_{T+} = (1 + \frac{R_1}{R_2})U_{TH}$$

$$U_{T-} \approx (1 - \frac{R_1}{R_2})U_{TH}$$

$$\Delta U_T = U_{T+} - U_{T-} = 2 \frac{R_1}{R_2} U_{TH}$$

$$\approx \frac{R_1}{R_2} V_{DD}$$

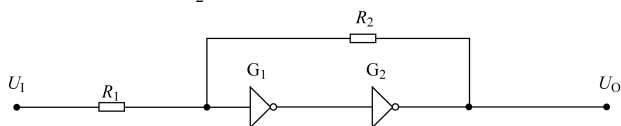


图 6.2.5 CMOS 门电路构成的施密特触发器

4. 施密特触发器的应用

(1) 波形变换

施密特触发器可以将输入的非矩形波变换成矩形波输出，如图 6.2.6 所示是用反向特性的施密特触发器将正弦波变换成矩形波。

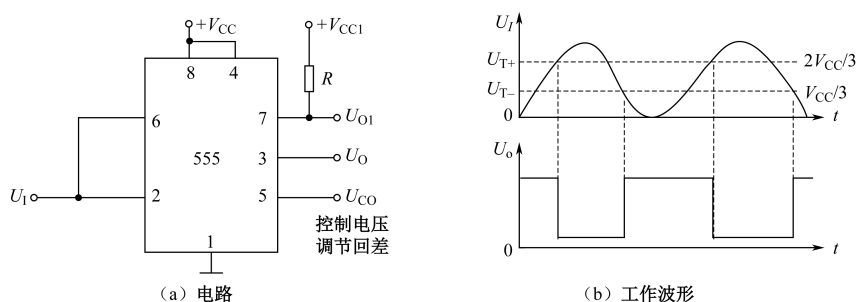


图 6.2.6 施密特触发器的波形变换作用

图 6.2.6 中，输入波形在上升阶段，当 U_i 到达 U_{T+} 时，输出波形翻转，从 1 变成 0，在输入波形的下降阶段，当 U_i 到达 U_{T-} 时，输出波形翻转，从 0 变成 1。不论输入的是什么波形，只要输入信号电压由小变大时，遇到施密特触发器的 U_{T+} ，输出端就要翻转；输入信号电压由大变小时，遇到施密特触发器的 U_{T-} ，输出端也要翻转，输入信号在 U_{T+} 和 U_{T-} 之间时，输出端保持不变。

在 Multisim10 中仿真图如图 6.2.7 所示。图中施密特触发器使用 LM555 构成，其输入由函数发生器提供，仿真测试中可以使用正弦波或三角波进行测试，图 6.2.8 是进行测试获得的输出波形图，从图中可以看到输出波形发生翻转时对应的输入电压是不同的。

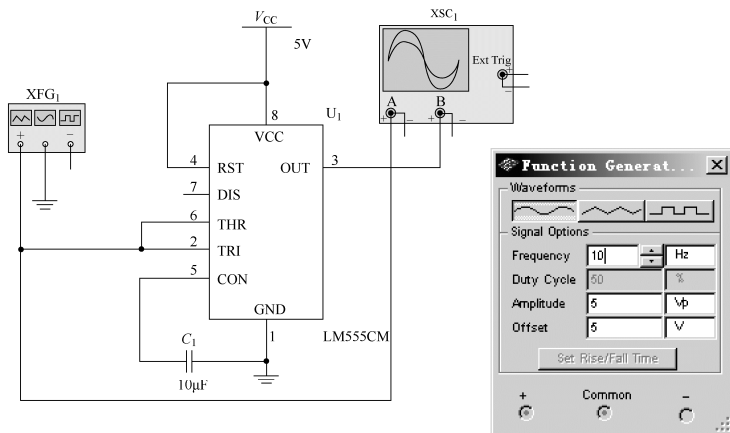


图 6.2.7 施密特触发器进行波形变换的仿真图

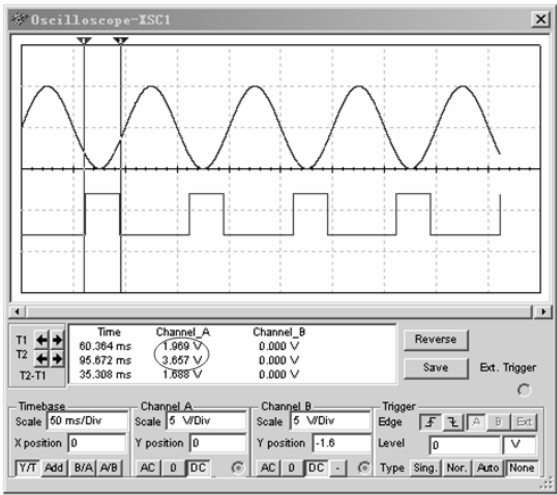


图 6.2.8 施密特触发器波形变换的输出波形

(2) 鉴幅

使用施密特触发器可以鉴定输入波形中是否存在电压高于设定值的脉冲信号。如图 6.2.9 中，施密特的输入信号是不规则的脉冲信号，当输入信号中有幅度超过 U_{T+} 的波形时，施密特触发器的输出端会求反输出一个负脉冲，从而鉴定输入端信号是否有高于 U_{T+} 的信号。

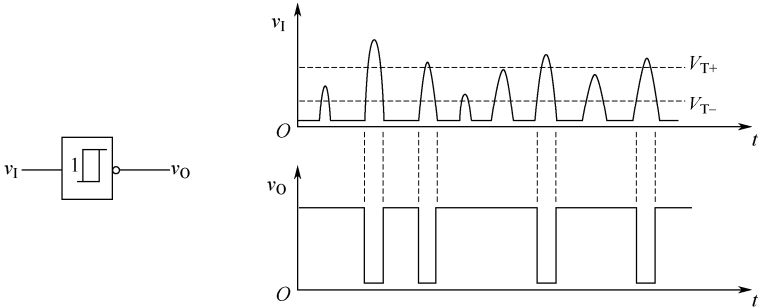


图 6.2.9 施密特触发器用于鉴幅

(3) 整形

将形态不理想的矩形波输入施密特触发器可以获得形态较理想的矩形波，如图 6.2.10 所示。其基本工作原理和波形变换是一样的。

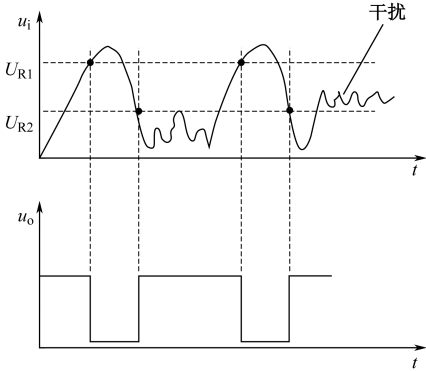


图 6.2.10 施密特触发器作为整形电路的波形

由施密特触发器的波形变换和整形功能可以看出,施密特触发器可以提高整个电路抗干扰能力,外来的干扰信号使原信号增大,但只要不超出 U_{T+} 的范围就不会对输出端有任何影响;外来的干扰信号使原信号减小,但只要不超出 U_{T-} 的范围也不会对输出端有任何影响。回差电压越大,施密特触发器的抗干扰能力越强,但施密特触发器的灵敏度也会相应降低。

(4) 实现多谐振荡器

用施密特触发器可以实现多谐振荡器,如图 6.2.11 所示。其工作原理在项目五中已经学习,此处不再赘述。

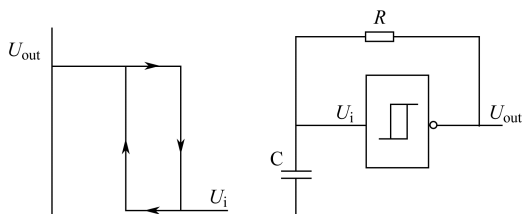


图 6.2.11 用施密特触发器实现多谐振荡器

四、单稳态触发器 (Monostable Trigger)

1. 单稳态触发器的电路特点及原理

单稳态触发器在数字电路中一般用于定时(产生一定宽度的矩形波)、整形(把不规则的波形转换成宽度、幅度都相等的波形)以及延时(把输入信号延迟一定时间后输出)等。单稳态触发器具有下列特点。

第一,它有一个稳定状态和一个暂稳状态。

第二,在外来触发脉冲作用下,能够由稳定状态翻转到暂稳状态。

第三,暂稳状态维持一段时间后,将自动返回到稳定状态,而暂稳状态持续时间的长短,与触发脉冲无关,取决于电路本身的参数。

用 555 定时器构成的单稳态触发器如图 6.2.12 所示。

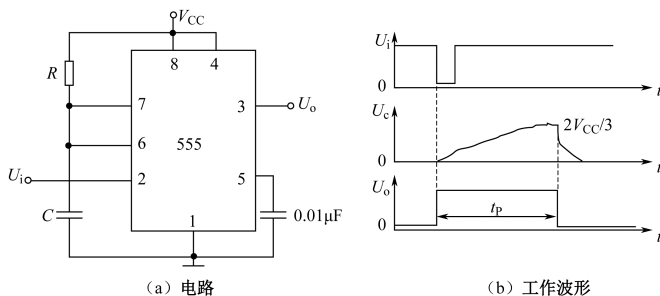


图 6.2.12 555 定时器构成的单稳态触发器

基本工作原理:接通 V_{CC} 后瞬间, V_{CC} 通过电阻对电容充电,当 U_c 上升到 $2V_{CC}/3$ 时,比较器 C_1 输出为 0,将触发器置 0, $U_o=0$ 。这时 $Q=1$,放电管 T 导通,电容通过 T 放电,电路进入稳态。

U_i 下降沿到来时,因为 $U_i < V_{CC}/3$,使 C_2 输出为 0,触发器置 1, U_o 又由 0 变为 1,电路进入暂稳态。由于此时 $Q=0$,放电管 T 截止, V_{CC} 经电阻对电容充电。虽然此时触发脉冲已消失,比较器 C_2 的输出变为 1,但充电继续进行,直到 U_c 上升到 $2V_{CC}/3$ 时,比较器 C_1 输出为 0,将触发器置 0,电路输出 $U_o=0$,T 导通,电容放电,电路恢复到稳定状态。该单稳态触发器处于稳

态的时间称为输出脉冲宽度，近似计算公式

$$T_w = 1.1RC$$

2. 单稳态触发器的分类和典型应用

单稳态触发器从触发特性上可以分为可重触发型和非重触发型。在单稳态触发器处于暂稳态时，如不能接收触发信号，就是非重触发型，否则是可重触发型。可重触发型在一个暂稳态时间中接受二次触发，会将暂稳态时间延长，如图 6.2.13 所示。

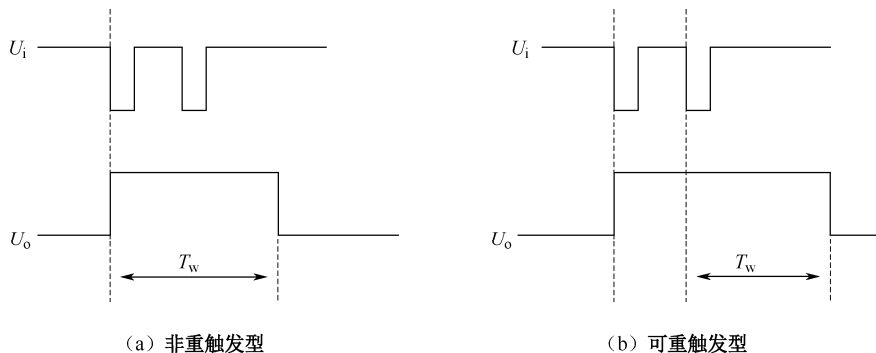


图 6.2.13 单稳态触发器的分类

典型应用 1：定时与延时

单稳态触发器可以构成定时电路，与继电器或驱动放大电路配合，可实现自动控制、定时开关的功能，一个典型定时电路如图 6.2.14 所示。

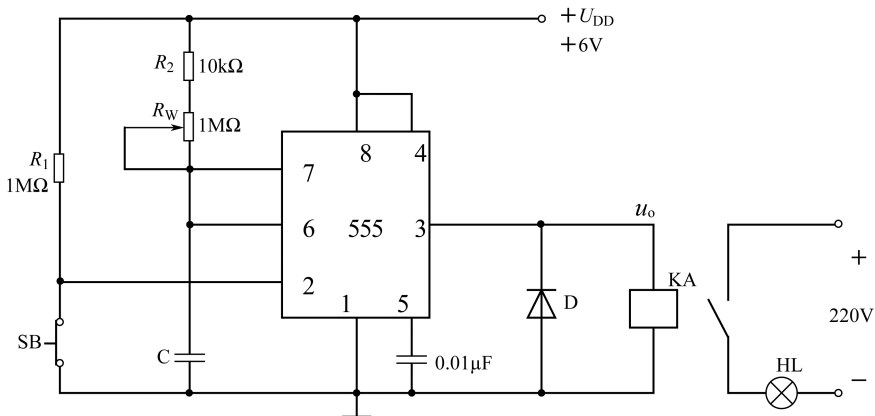


图 6.2.14 单稳态触发器实现定时电路

当电路接通+6V 电源后，经过一段时间进入稳定状态，定时器输出 OUT 端为低电平，继电器 KA（当继电器无电流通过时，常开接点处于断路状态）无通过电流，故形不成导电回路，灯泡 HL 不亮。当按下按钮 SB 时，低电平触发端 $\overline{TR}$ （外部信号输入端 U_i ）由接+6V 电源变为接地，相当于输入一个负脉冲，使电路由稳定状态转入暂稳状态，输出 OUT 端为高电平，继电器 KA 通过电流，使常开触点闭合，形成导电回路，灯泡 HL 发亮；暂稳状态的出现时刻是由按钮 SB 何时按下决定的，它的持续时间 T_w （也是灯亮时间）则由电路参数决定，若改变电路中的电阻 R_w 或 C ，均可改变 T_w 的时间。

如图 6.2.15 所示是用 555 定时器构成的延时电路，与定时电路相比，其电路的主要区别是电阻和电容连接的位置不同。电路中的继电器 KA 为常断继电器，二极管 D 的作用是限幅保护。

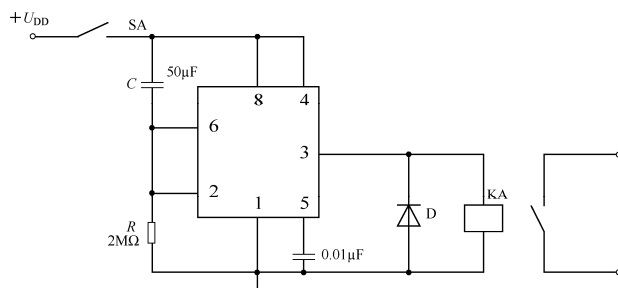


图 6.2.15 延时电路

当开关 SA 闭合，直流电源接通，555 定时器开始工作，若电容初始电压为零，因电容两端电压不能突变，而 $U_{DD}=U_C+U_R$ ，所以 $U_{TH}=U_R=U_{DD}-U_C=U_{DD}$ ， $OUT=0$ ，继电器 KA 常开触点保持断开；同时电源开始向电容充电，电容两端电压不断上升，而电阻两端电压对应下降，当 $U_C \geq \frac{2}{3}U_{DD}$ ，即 $U_{TH}=U_{TR}=U_R \leq \frac{1}{3}U_{DD}$ 时， $OUT=1$ ，继电器常开触点闭合；电容充电至 $U_C=U_{DD}$ 时结束，此时电阻两端电压为零，电路输出 OUT 保持为 1，从开关 SA 按下到继电器 KA 闭合这段时间称为延时时间。

典型应用 2：分频和信号展宽

对于非重触发型的单稳态触发器，当一个触发脉冲使之进入暂稳状态后，在 T_W 时间内，如果再输入其他触发脉冲，则对触发器不再起作用，只有当触发器处于稳定状态时，输入的触发脉冲才起作用。分频电路正是利用这个特性将高频率信号变换为低频率信号，电路如图 6.2.16 (a) 所示，工作波形如图 6.2.16 (b) 所示。如果输入信号的周期大于 T_W 时间，则可以作为信号展宽电路，其波形图如图 6.2.16 (c) 所示。

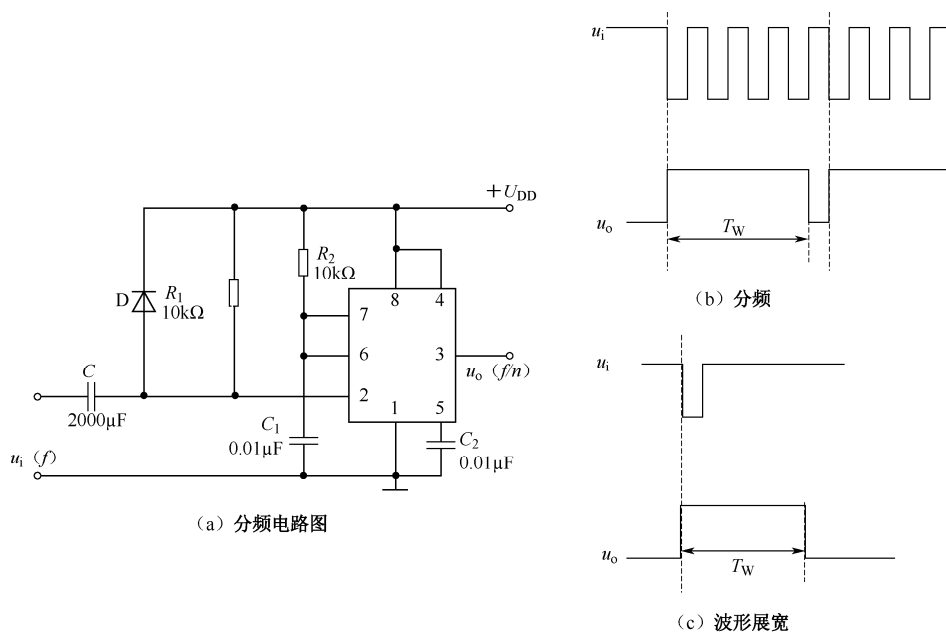


图 6.2.16 分频电路

3. 集成单稳态触发器介绍

(1) 非重触发型单稳态触发器 74LS121

单稳态触发器 74LS121 (54LS121) 是具有施密特触发器输入的单稳态触发器，正触发输入

端（ B ）采用了施密特触发器，因此具有较高的抗干扰能力，典型值为 1.2V，又由于内部有锁存电路，对电源 V_{CC} 也具有较高的抗干扰度，典型值为 1.5V。74LS121/54LS121 受触发后，输出 Q 就不受输入信号 A_1 、 A_2 、 B 的影响，而仅与定时元件（ R_X 、 C_{EXT} ）有关，在全温度范围和 V_{CC} 范围内，其输出脉冲的宽度为：

$$T_W = C_{EXT} \cdot R_X \cdot \ln 2 \approx 0.7 C_{EXT} \cdot R_X$$

如果 R_X 选用最大推荐值，占空比可以达到 90%，由于内部电路的补偿作用，使输出脉冲信号的稳定性与温度和 V_{CC} 无关，而与外接定时元件的精度有关。54/74LS121 外部引线和内部原理示意图如图 6.2.17 所示，其功能表如表 6.2.3 所示。各管脚符号含义如下：

C_{EXT}	外接电容端	Q	正脉冲输出端
$\overline{Q}$	负脉冲输出端	R_{EXT}/C_{EXT}	外接电阻/电容端
R_{INT}	内电阻端	B	正触发输入端
A_1 、 A_2	负触发输入端		

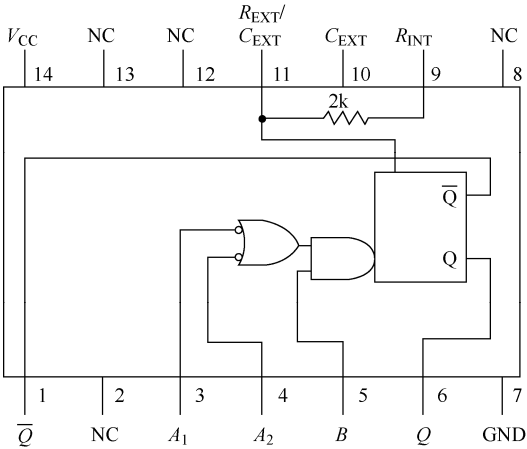


图 6.2.17 74LS121 的外部引脚和内部原理示意图

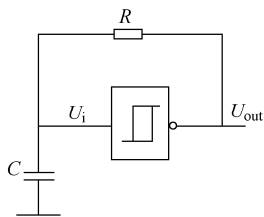
表 6.2.3 单稳态触发器 54LS121/74LS121 的逻辑功能表

Inputs			Outputs	
A_1	A_2	B	Q	$\overline{Q}$
L	×	H	L	H
×	L	H	L	H
×	×	L	L	H
H	H	×	L	H
H	↓	H	⌋	⌋
↓	H	H	⌋	⌋
↓	↓	H	⌋	⌋
L	×	↑	⌋	⌋
×	L	↑	⌋	⌋

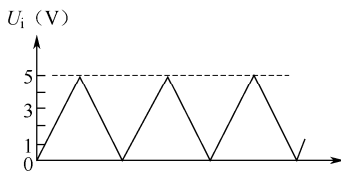
H-高电平 L-低电平 ×-任意
↑-低到高电平跳变 ↓-高到低电平跳变
⌋——一个高电平脉冲 ⌋——一个低电平脉冲

使用说明：

- 1) 外接电容接在 C_{EXT} （正）和 R_{EXT}/C_{EXT} 之间。
- 2) 如用内定时电阻，须将 R_{INT} 接 V_{CC} 。

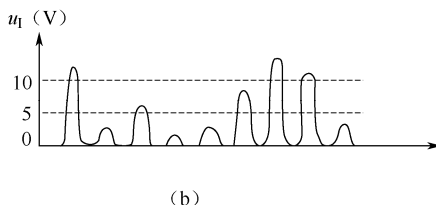
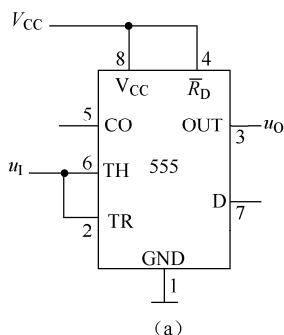


题图 6.2.1



题图 6.2.2

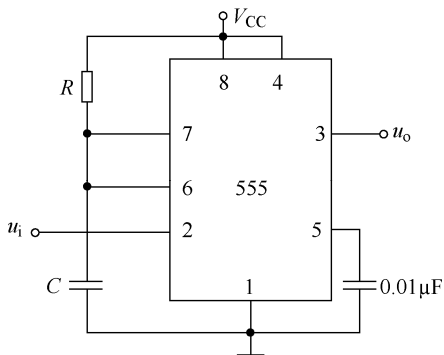
1.7 如题图 6.2.3 所示是用 5G555 接成的脉冲鉴幅器。为了从图 (b) 的输入信号中将幅度大于 5V 的脉冲筛出, 电源电压 V_{CC} 应取几伏? 如果规定 $V_{CC} = 10V$, 不能任意选择, 则电路应如何修改?



题图 6.2.3

1.8 单稳态触发器有一个____状态和一个____状态; ____状态时间的长短, 与触发脉冲无关, 取决于_____。单稳态触发器在数字电路中一般用于____、____、_____。

1.9 用 5G555 组成的单稳态触发器如题图 6.2.4 所示。已知 $R = 27k\Omega$, $C = 0.05\mu F$, $V_{CC} = 12V$, 请计算输出脉冲宽度。



题图 6.2.4

2. 任务作业

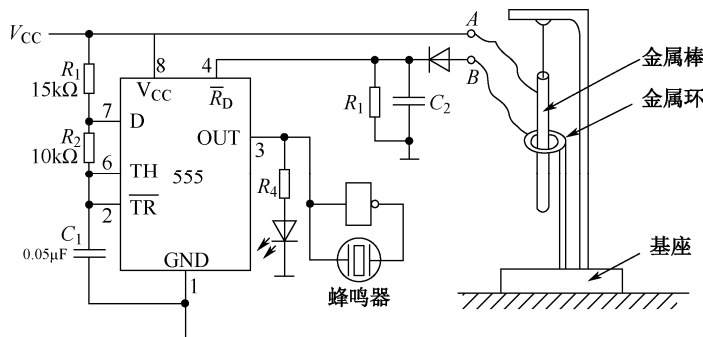
2.1 请以 555 定时器为主要元件, 根据需要选用门电路等元器件, 任选以下两个小任务之一进行电路设计并提交任务方案进行班内交流。

1) 设计一个简单的门铃电路, 要求按下门铃后门铃连续响 3 秒左右, 在门铃响的过程中, 再次按下门铃无效。门铃发声频率约 500Hz, 也可以使用音乐或叮咚声。

2) 请设计一个报警电路, 当开关被按下后, 电路能连续发出长“嘀”声, 响声维持 1 秒,

停止 1 秒，反复交替发声，直到开关被释放。

2.2 如题图 6.2.5 所示是一个水平监测电路。当仪器基座处于水平位置时，金属棒与套在外面的金属环不接触。当基座倾斜或摇摆时，金属棒将与金属环接触，将 A 、 B 两点接通，发光二极管发光，蜂鸣器发出声音。试分析其工作原理并计算这个声音的频率，已知： $R_1 = 15\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ ， $C_1 = 0.05\mu\text{F}$ ， $V_{\text{CC}} = 9\text{V}$ 。



题图 6.2.5

任务三 数字钟电路的原理设计

■ 技能目标

1. 能综合应用所学知识，进行单元电路的设计。
2. 能手工绘制原理图或使用计算机绘制原理图。
3. 能正确选用元器件。

■ 知识目标

1. 掌握单元电路的设计方法，包括组合逻辑设计和时序电路设计。
2. 掌握 Multisim 绘制单元电路和总电路的方法。

■ 实践活动

在教师指导下，以单元电路为工作单元，学生以小组为单位，进行电路设计并绘制电路图，教师组织学生交流展示。

■ 知识链接与扩展

根据设计要求和图 6.3.1 数字钟电路整体框图分析各部分电路的输入输出信号，做好各部分电路之间的信号传递。

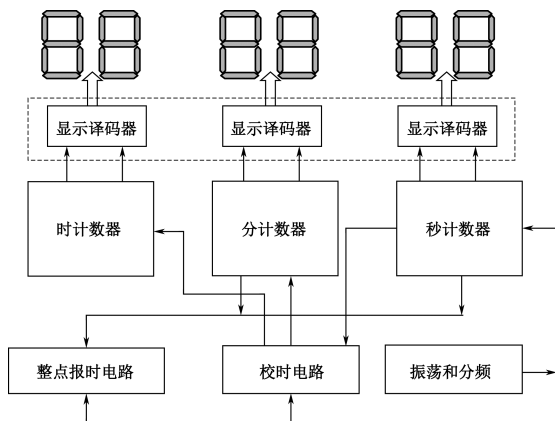


图 6.3.1 数字钟电路整体框图

一、振荡与分频电路设计

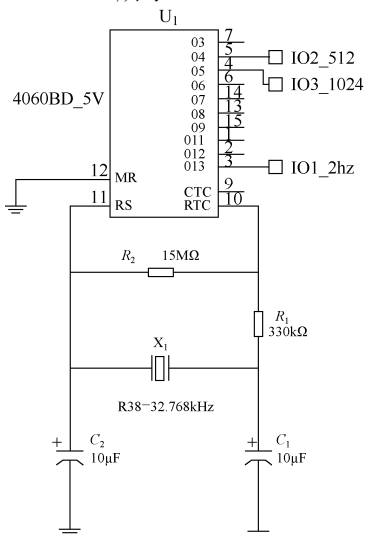
振荡与分频电路部分需要给整个电路提供 1Hz、约 500Hz 和 1kHz 的时钟脉冲信号，分别用于计时和整点报时的高音、低音。如果校时采用 2Hz 的高速校时，还需要 2Hz 信号。

该部分的设计建议采用 CD4060 集成分频器和固有频率为 32768Hz 的石英晶体进行设计，并用 74LS74 集成 D 触发器对 2Hz 信号进行二分频，获得 1Hz 信号。这个电路可以借鉴项目五中图 5.3.15 和图 5.3.16 电路。根据 CD4060 的逻辑功能，可以使其 4 号引脚输出的频率是 512Hz，其 5 号引脚输出的是 1024Hz，3 号引脚输出的频率是 2Hz，这些都是设计中需要的信号。

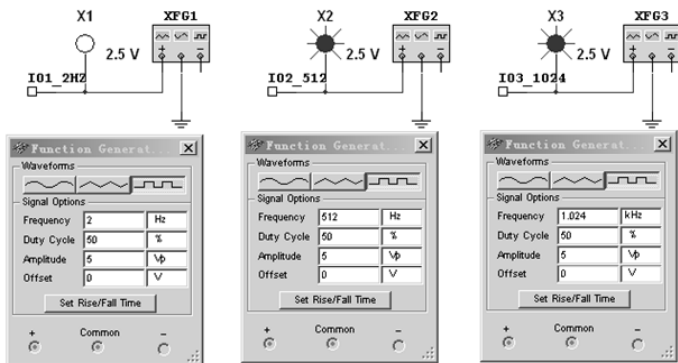
由于整个电路比较大，在设计中可以采用子电路的形式，对各部分电路分别绘制再整合成一个完整的电路。

操作步骤：

1) 先在 Multisim10 软件中按照图 6.3.2(a)绘制出电路图，注意由于石英晶体无法在 Multisim10 中仿真，所以在仿真阶段可以用函数发生器提供 32768Hz 的信号，由 11 号引脚输入 CD4060（关于 CD4060 的具体信息请参阅项目五中任务三部分）。也可以用函数发生器直接提供脉冲信号，如图 6.3.2 (b) 所示。



(a) 用晶振和 CD4060 实现



(b) 用函数发生器代替 CD4060

图 6.3.2 脉冲电路