

目 录

1 设计简介	1
2 系统硬件电路设计	1
2.1 STC89C52 单片机系统设计	1
2.1.1 STC89C52 的概述	1
2.1.2 主要特性	2
2.1.3 STC89C52 的引脚说明	3
2.1.4 定时器/计数器	4
2.2 电路的设计及原理	7
2.2.1 最小系统原理图	7
2.2.2 三点式振荡器与波形转换	9
2.3 原理图绘制软件的介绍	10
2.4 系统硬件测试	10
3 系统软件部分设计	11
3.1 频率获得	11
3.2 键盘接收	12
4 设计小结	14
5 附录	15
附录一 原理图	15
附录二 实物图	16
附录三 元器件清单	17
附录四 PCB 板图	18
附录五 源程序代码	19

基于 51 单片机金属探测器系统设计与制作

1 设计简介

金属探测器是专门用来探测金属的仪器，广泛应用于工业生产、安检、娱乐等领域。采用新的原理，设计一个基于单片机的手持金属探测器，利用其检测人们随身携带的金属物品，如小刀、钢笔，甚至可以检测到香烟盒的铝薄。可随身携带，使用方便。

本文设计的金属探测是根据电磁感应原理制成的，将一金属置于变化的磁场当中时，根据电磁感应原理就会在金属内部产生涡流，涡流产生的磁场反过来又影响原磁场，这种变化可以转换为频率和幅值的变化，供相关电路进行检测。

由电容三点式振荡电路产生正弦波，对其放大和整形后，送入单片机，由单片机探测它频率的变化。当遇见金属时由于电磁感应原理原先建立起来的振荡将受到影响，频率将发生变化，单片机探测到这种变化后进行报警。

本文的金属探测器设计了接口，可以和外围的系统进行通讯，实现了与 AT89S52 管理的液晶显示及键盘组成的外围数据处理与显示模块的通信。对前端探测到的数据进行再处理和分析，并将结果显示在液晶屏幕上，并可以通过键盘对前端的探测精度进行设置。

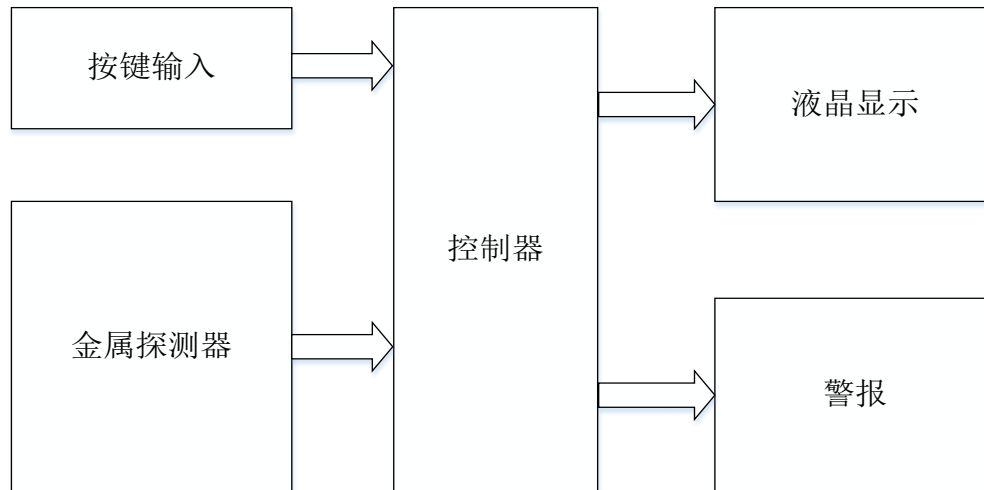
2 系统硬件电路设计

系统主要有 STC89C52 单片机最小系统和 LCD1602 液晶显示、LM393 电压比较器，LC 三端振荡器等组成。

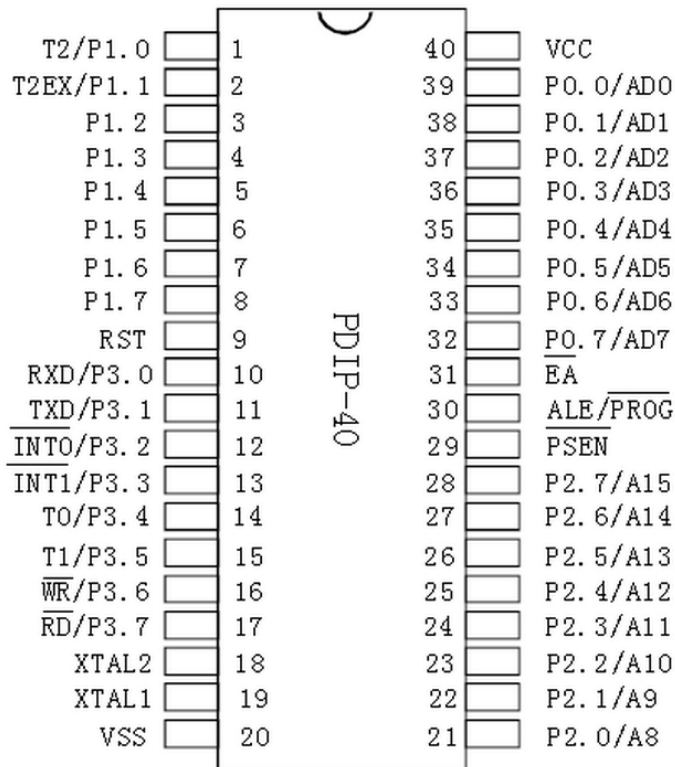
2.1 STC89C52 单片机系统设计

2.1.1 STC89C52 的概述

本设计是 STC89C52 单片机为控制核心，QJ004 为 MP3 信号输出，基于 QJ004 串行 MP3 芯片综合实现所有功能。系统框图如下图：



单片机是 STC 公司最新推出的一种新型 51 内核的单片机。片内含有 Flash 程序存储器、SRAM、UART、SPI、PWM 等模块。封装图如下图：



2.1.2 主要特性

1. 增强型 8051 单片机，6 时钟/机器周期和 12 时钟/机器周期可以任意选择，指令代码完全兼容传统 8051。
2. 工作电压：5.5V~3.3V（5V 单片机）/3.8V~2.0V（3V 单片机）
3. 工作频率范围：0~40MHz，相当于普通 8051 的 0~80MHz，实际工作频率可达 48MHz

4. 用户应用程序空间为 8K 字节 5. 片上集成 512 字节 RAM

6. 通用 I/O 口（32 个），复位后为：P1/P2/P3/P4 是准双向口/弱上拉，P0 口是漏极开路输出，作为总线扩展用时，不用加上拉电阻，作为 I/O 口用时，需加上拉电阻。

ISP（在系统可编程）/IAP（在应用可编程），无需专用编程器，无需专用仿真器，可通过串口（RxD/P3.0,TxD/P3.1）直接下载用户程序，数秒即可完成一片

具有 EEPROM 功能

具有看门狗功能

10. 共 3 个 16 位定时器/计数器。即定时器 T0、T1、T2

11. 外部中断 4 路，下降沿中断或低电平触发电路，Power Down 模式可由外部中断低电平触发中断方式唤醒

12. 通用异步串行口（UART），还可用定时器软件实现多个 UART

13. 工作温度范围：-40~+85℃（工业级）/0~75℃（商业级）

2.1.3 STC89C52 的引脚说明

VCC（40 引脚）：电源电压

VSS（20 引脚）：接地

P0 端口（P0.0~P0.7，39~32 引脚）：P0 口是一个漏极开路的 8 位双向 I/O 口。作为输出端口，每个引脚能驱动 8 个 TTL 负载，对端口 P0 写入“1”时，可以作为高阻抗输入。在访问外部程序和数据存储器时，P0 口也可以提供低 8 位地址和 8 位数据的复用总线。此时，P0 口内部上拉电阻有效。在 Flash ROM 编程时，P0 端口接收指令字节；而在校验程序时，则输出指令字节。验证时要求外接上拉电阻。

P1 端口（P1.0~P1.7，1~8 引脚）：P1 口是一个带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口。P1 的输出缓冲器可驱动（吸收或者输出电流方式）4 个 TTL 输入。对端口写入 1 时，通过内部的上拉电阻把端口拉到高电位，这是可用作输入口。P1 口作输入口使用时，因为有内部上拉电阻，那些被外部拉低的引脚会输出一个电流。

P2 端口（P2.0~P2.7，21~28 引脚）：P2 口是一个带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 端口。P2 的输出缓冲器可以驱动（吸收或输出电流方式）4 个 TTL 输入。对端口写入 1 时，通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平，这时可用作输入口。P2 作为输入口使用时，因为有内部的上拉电阻，那些被外部信号拉低的

引脚会输出一个电流

P3 口引脚复用功能 引脚号 复用功能

P3.0 RXD (串行输入口)

P3.1 TXD (串行输出口)

P3.2 (外部中断 0)

P3.3 (外部中断 1)

P3.4 T0 (定时器 0 的外部输入)

P3.5 T1 (定时器 1 的外部输入)

P3.6 (外部数据存储器写选通)

P3.7 (外部数据存储器读选通)

RST (9 引脚): 复位输入。当输入连续两个机器周期以上高电平时为有效, 用来完成单片机单片机的复位初始化操作。看门狗计时完成后, RST 引脚输出 96 个晶振周期的高电平。特殊寄存器 AUXR (地址 8EH) 上的 DISRTO 位可以使此功能无效。DISRTO 默认状态下, 复位高电平有效。

ALE/ (30 引脚): 地址锁存控制信号 (ALE) 是访问外部程序存储器时, 锁存低 8 位地址的输出脉冲。在 Flash 编程时, 此引脚 () 也用作编程输入脉冲。在一般情况下, ALE 以晶振六分之一的固定频率输出脉冲, 可用来作为外部定时器或时钟使用。然而, 特别强调, 在每次访问外部数据存储器时, ALE 脉冲将会跳过。如果需要, 通过将地址位 8EH 的 SFR 的第 0 位置 “1”, ALE 操作将无效。这一位置 “1”, ALE 仅在执行 MOVX 或 MOV 指令时有效。否则, ALE 将被微弱拉高。这个 ALE 使能标志位 (地址位 8EH 的 SFR 的第 0 位) 的设置对微控制器处于外部执行模式下无效。

VPP (31 引脚): 访问外部程序存储器控制信号。为使能从 0000H 到 FFFFH 的外部程序存储器读取指令, 必须接 GND。注意加密方式 1 时, 将内部锁定位 RESET。为了执行内部程序指令, 应该接 VCC。在 Flash 编程期间, 也接收 12 伏 VPP 电压。

XTAL1 (19 引脚): 振荡器反相放大器和内部时钟发生电路的输入端。

XTAL2 (18 引脚): 振荡器反相放大器的输入端。

2.1.4 定时器/计数器

89 单片机至少有两个 16 位内部定时器/计数器 (T/CTimer/Counter)。分别是定时器/计数器 0 (T/C0) 和定时器/计数器 1 (T/C1), 另外一个定时器/计数器 2 (T/C2)。它们既可以编程为定时器使用, 也可以编程为计数器使用。

T/C 是加 1 计数的，不支持减 1 计数。当 T/C 工作在定时器时，对振荡源 12 分频的脉冲计数，即每个机器周期计数值加 1，计数频率=当前单片机工作频率/12。当单片机工作在 12MHz 时，计数频率=1MHz，单片机每 1us 计数值加 1。当 T/C 工作在计数器时，计数脉冲来自外部脉冲输入引脚 T0(P3.4)T1(P3.5)。当 T0 或 T1 引脚上负跳变时计数值加 1。识别引脚上的负跳变需要 2 个机器周期，即 24 个振荡周期。所以 T0 或者 T1 输入的可计数外部脉冲的最高频率为当前单片机工作频率/24。当单片机工作在 12MHz 时，最高计数频率 500KHz，高于该频率将计数出错。

TMOD 在内存 RAM 中位于特殊功能寄存器区的 89H 处，其高 4 位用于设置定时器/计数器 T1 的工作方式，低 4 位用于设置定时器/计数器 T0 的工作方式。由于 T0 和 T1 的用法很相似，所以，在此只结合 TMOD 的低 4 位讲解定时器/计数器 T0 的用法。

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
T1 控制字				T0 控制字			

当 GATE=0 时，定时器/计数器开始工作或停止工作不受 GATE 位的控制，而只受 TCON 寄存器中的 TR0 位控制，TR0=0 时定时器/计数器 T0 停止工作，而当 TR0=1 时定时器/计数器 T0 开始工作。

当 GATE=1 时，定时器/计数器 T0 工作的起停除了受 TCON 寄存器中的 TR0 位控制外，还受单片机外部引脚 P3.2 的控制，只有该引脚为高电平且 TR0=1 这两个条件同时满足时，定时器/计数器才开始工作，一般这种用法通常用来测量 P3.2 引脚上正脉冲的宽度。对于控制 T1 方式字段中的 GATE 位和 T0 中的用法完全一样，只是当 GATE 位为 1 时受单片机外部引脚 P3.3 和 TCON 中 TR1 的控制。

C/T 位决定 T0 工作在定时方式还是计数方式。当 C/T=0 时，T0 工作在定时方式，此时由 TH0 和 TL0 组成的 16 位计数容器，这个容器会对晶振产生的脉冲再 12 分频后的脉冲进行计数，如果单片机外部接的是 12M 晶振，则 TH0 和 TL0 组成的 16 位计数容器中的数据就会每隔 1 微妙自动加 1；

当 C/T=1 时，T0 工作在计数方式，由 TH0 和 TL0 组成的 16 位计数容器会对从单片机外部引脚 P3.4 输入单片机的脉冲进行计数，每输入一个脉冲，则 TH0 和 TL0 组成的 16 位计数容器中的数据会自动加 1。如果 TMOD 高 4 位中的 C/T=0，表示 T1 工作在定时方式，而当 C/T=1 表示 T1 工作在

计数方式，计的是来自单片机外部引脚传入单片机的脉冲数。

M1 和 M0 两位都可以设置成 0 或 1，因此这两位有 4 种组合，这 4 种组合决定了 T0 的计数容器 TH0 和 TL0 共同构成的 16 位计数容器中所计的脉冲数的变化规律。具体见下表：

M1	M0	工作模式	TH0 和 TL0 构成的 16 位计数容器的计数方式的描述
0	0	模式 0	此时 TH0 和 TL0 构成 16 位计数容器，最大计数范围 0~65535 共 65536 个数
0	1	模式 1	此时 TH0 和 TL0 构成 16 位计数容器，最大计数范围 0~65535 共 65536 个数
1	0	模式 2	TH0 和 TL0 成为两个 8 位计数器，TH0 中的数据固定为开始设定的值不变，TL0 中数据按晶振 12 分频后速度自动加 1 至溢出，TH0 中数据自动拷贝给 TL0，在此基础上自加，TL0 如此循环自加
1	1	模式 3	只有 T0 可用于本模式，T1 不可以，此时 T0 的 TH0 和 TL0 成为两个独立的 8 位计数器，且 TH0 只能用于定时方式；TL0 可以工作与定时方式也可以工作与计数方式

定时器/计数器控制寄存器 TCON 如下表所示，其中高 4 位和定时器/计数器 T0 及 T1 有关。TCON 是一个八位寄存器，用于控制定时器的启动/停止及标志定时器溢出中断申请，既可以进行字节寻址也可以进行位寻址。

TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
位地址	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H

TF1—T1 溢出标志为。当定时器/计数器发生溢出时，该位由硬件置 1，表示计数容器已经计满溢出，所谓溢出就是计数容器中的数从最大变成 0 的现象。

向 CPU 申请中断进入终端服务程序，TF1 又由硬件清零 0，也可以软件清零 0。

TF0—T0 溢出标志。其功能操作与 TF1 相同。

TR1—T1 运行控制位，可通过软件置 1 或 0 来启动关闭定时器 1。

TR0—T0 运行控制位，其功能操作与 TR0 相同 1。

中断允许寄存器 IE

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

当 ET0=1(SETB ET0)时，单片机的 CPU 能够在定时器/计数器 T0 的计数容器发生溢出时中断主程序而去执行相应的中断服务子程序；当 ET0=0(CLR ET0)

时，单片机的 CPU 不能够在定时器/计数器 T0 的计数容器发生溢出时中断主程序而去执行相应的中断服务子程序。

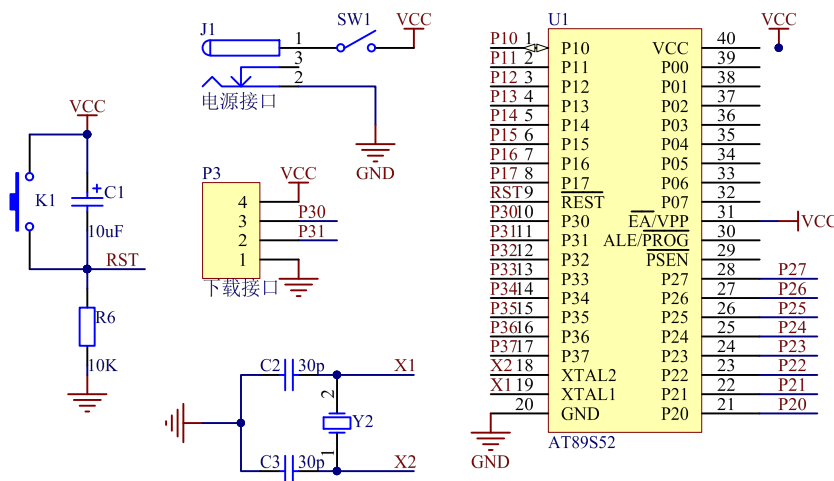
当 $ET1=1$ (SETB ET1)时，单片机的 CPU 能够在定时器/计数器 T1 的计数容器发生溢出时中断主程序而去执行相应的中断服务子程序；当 $ET1=0$ (CLR ET1)时，即使定时器/计数器 T1 的计数容器发生了溢出，单片机也不能中断主程序而去执行相应的中断服务子程序。

EA 为总中断允许控制位，将 EA 位设置成 0 关中断。

2.2 电路的设计及原理

2.2.1 最小系统原理图

单片机最小系统由电源接口，开关，时钟电路，下载接口，复位电路和 STC89c52 单片机组成。

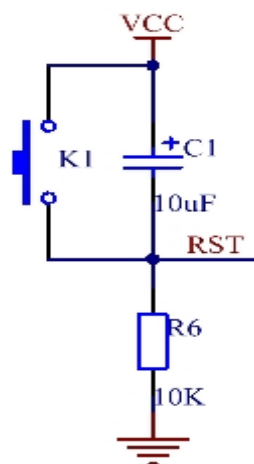


复位电路：当在 89C51 单片机的 RST 引脚引入高电平并保持 2 个机器周期时，单片机内部就执行复位操作（若该引脚持续保持高电平，单片机就处于循环复位状态）

复位电路通常采用上电自动复位和按钮复位两种方式。

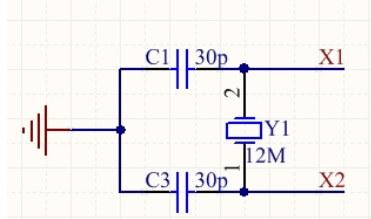
最简单的上电自动复位电路中上电自动复位是通过外部复位电路的电容充放电来实现的。只要 Vcc 的上升时间不超过 1ms,就可以实现自动上电复位。

除了上电复位外，有时还需要按键手动复位。本设计就是用的按键手动复位。按键手动复位有电平方式和脉冲方式两种。其中电平复位是通过 RST（9）端与电源 Vcc 接通而实现的。按键手动复位电路见下图。时钟频率用 12MHZ 时 C 取 10uF,R 取 10k Ω 。

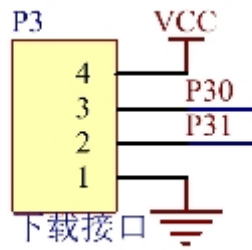


时钟电路：STC89C52RC 单片机的时钟信号通常有两种方式产生：一是内部时钟方式，二是外部时钟方式。内部时钟方式如图 3 所示。在 89S51 单片机内部有一振荡电路，只要在单片机的 XTAL1（18）和 XTAL2（19）引脚外接石英晶体（简称晶振），就构成了自激振荡器并在单片机内部产生时钟脉冲信号。图中电容 C1 和 C2 的作用是稳定频率和快速起振，电容值在 5~30pF，典型值为 30pF。晶振 CYS 的振荡频率范围在 1.2~12MHz 间选择，典型值为 12MHz 和 6MHz。

振荡电路

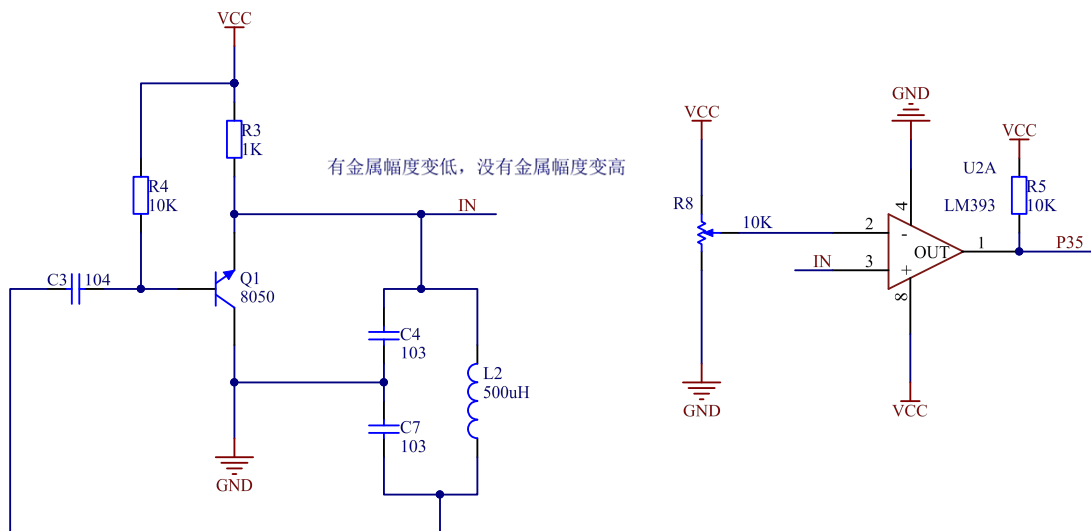


下载接口：STC89C52 系列单片机具有在系统可编程（ISP）特性，ISP 的好处是：省去购买通用编程器，单片机在用户系统上即可下载 / 烧录用户程序，而无须将单片机从已生产好的产品上拆下，再用通用编程器将程序代码烧录进单片机内部。有些程序尚未定型的产品可以一边生产，一边完善，加快了产品进入市场的速度，减小了新产品由于软件缺陷带来的风险。由于可以在用户的目标系统上将程序直接下载进单片机看运行结果对错，故无须仿真器。单片机出厂时就已完全加密。需要单片机内部的电放光后上电复位（冷起动）才运行系统 ISP 程序，如从 P3.0 / RXD 检测到合法的下载命令流就下载用户程序，如检测不到就系统复位到用户程序区。具体如下图所示：

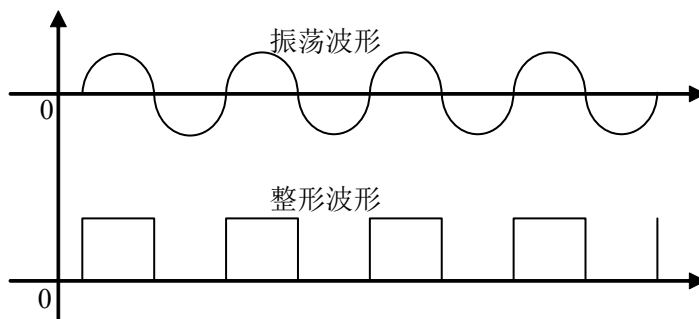


2.2.2 三点式振荡器与波形转换

图 C4,C7 和 L2 组成的三点式 LC 振荡器，根据振荡器的组成原则及反馈网络，输出信号 IN 做为 LM393 的反相输入信号，LM393 的第二管脚作为参考电压输入端，有电压比较器的原理，输出可以供数字电路处理的方波。



处理结果示意图如下：



2.3 原理图绘制软件的介绍

Altium Designer 是 Altium 公司于 2004 年推出的电路设计软件版本，该软件能实现从概念设计，顶层设计直到输出生产数据以及这之间的所有分析验证和设计数据的管理。当前比较流行的 Protel 98、Protel 99 SE 和 Protel DXP，就是它的前期版本。

Altium Designer2004 已不是单纯的 PCB(印制电路板)设计工具，而是由多个模块组成的系统工具，分别是 SCH(原理图)设计、SCH(原理图)仿真、PCB(印制电路板)设计、Auto Router(自动布线器)和 FPGA 设计及嵌入式软件开发等，覆盖了以 PCB 为核心的整个物理设计。该软件将项目管理方式、原理图和 PCB 图的双向同步技术、多通道设计、拓朴自动布线以及电路仿真等技术结合在一起，为电路设计提供了强大的支持。

与较早的版本 Protel99 相比，Altium Designer 2004 不仅在外观上显得更加豪华、人性化，而且极大地强化了电路设计的同步化，同时整合了 VHDL 和 FPGA 设计系统，其功能大大加强了。

2.4 系统硬件测试

系统硬件电路的测试主要是检测电路是否出现漏焊、短路、断路、虚焊、一些具有方向的元件是否方向弄错、电路设计错误等情况。

对于漏焊、元件方向弄错的检测方法是将实物电路板对照着 PCB 图的线路，检查每一个元件和导线在实物上是否有出现。如果发现没有或者对不上的情况下需及时的重新对照确定漏焊时及时的补焊。

对于短路、断路、虚焊这些情况采用数字万用表。将数字万用表打到二极管档位，然后通过红表笔和黑表笔碰一起，万用表会发出鸣叫警示。根据这个原理就可以用来检测短路、断路、虚焊。在需要检测的元件或导线的两端用两根表笔检测，如果导通蜂鸣器会鸣叫，如果断开蜂鸣器不叫。这样根据我们所需要检测的情况，在结合检测的现象就可以测出线路是否有问题。

在调试上主要遇到了以下几个问题：

(1)按键无法正常工作，按下后没有反应。

解决方法：通过对矩阵键盘的电路图分析，和实际使用的微动开关进行分析，得知使用到的微动开关四个引脚，其中有两对引脚内部是连接的，也就相当于只有两只有用的引脚，另外两个和这两个是连接在一起。然后观察在实际

焊接的时候没有分按键的引脚，出现焊接都是乱的，最后通过重新焊接矩阵键盘后单片机可以正常的获取按键信息。

3 系统软件部分设计

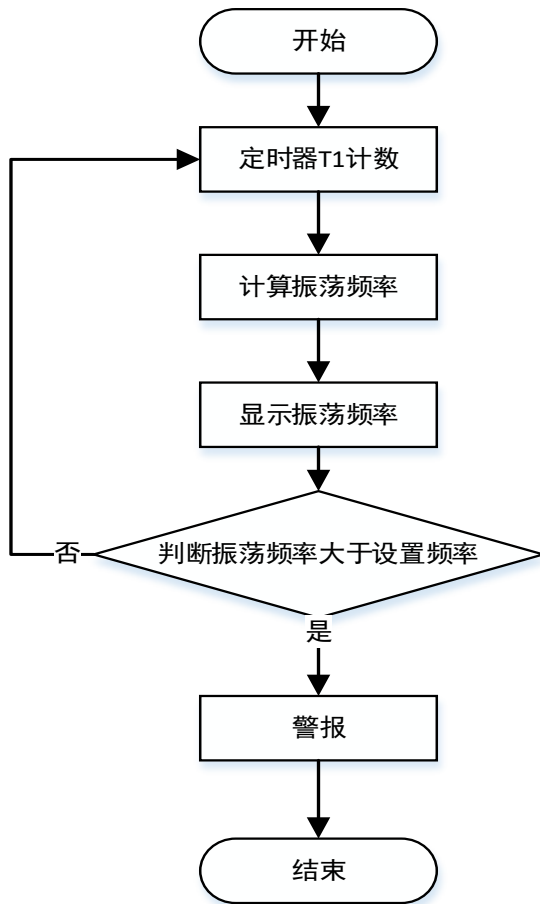
硬件电路要完成的任务是，产生振荡，并将波形变换为能够被单片机处理的方波，接下来进行频率测定、报警、通讯等都要用程序实现最后烧入单片机。以下是各功能模块的软件设计。

软件模块是整个系统的灵魂，软件部分设计的好坏直接影响到系统的精度、可用性、方便性和智能性金属探测器中的程序分为两个部分，前端软件模块和外围数据处理与显示模块，前端软件完成的是一些比较基础的工作，如振荡频率的检测，比较，报警等，而外围数据处理与显示模块是进行数据的再处理对其进行处理显示。结合起来实现了一个更加方便、智能的数字金属探测器。

3.1 频率获得

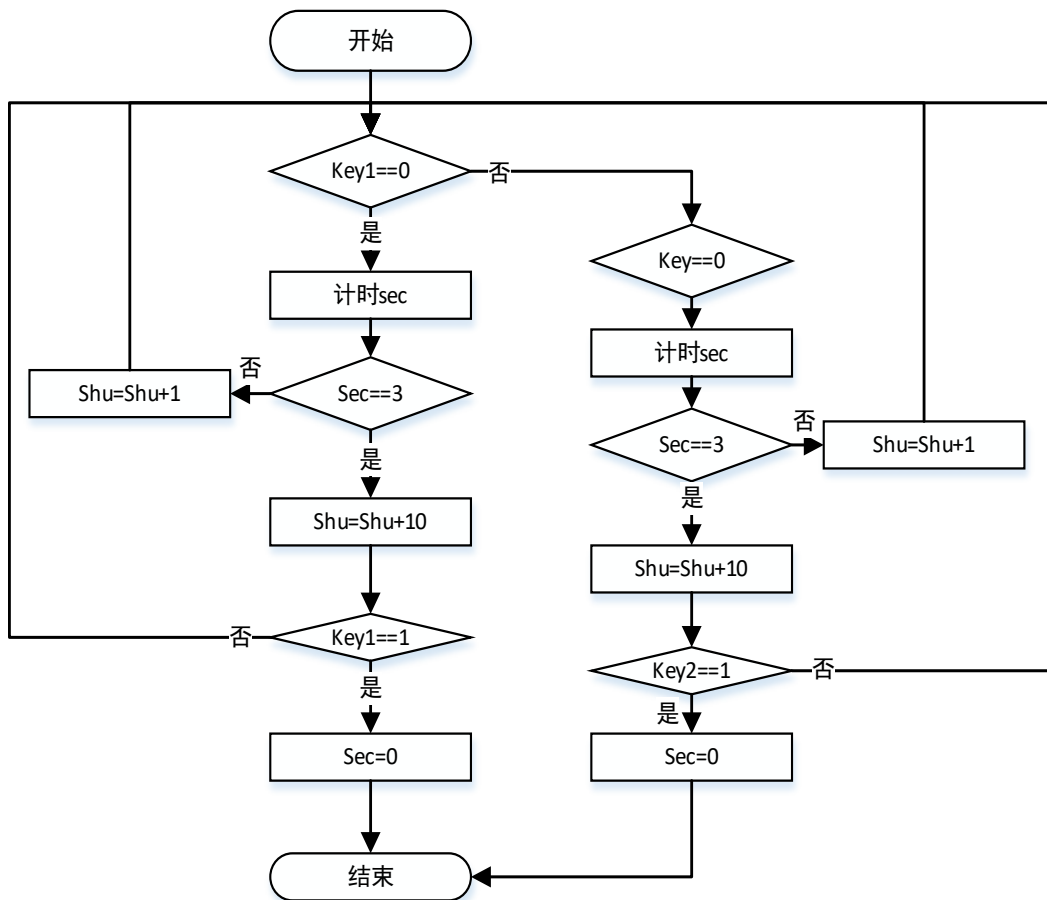
获得频率是通过定时器T0和计数器T1两个协同工作而完成的。程序中所使用的频率是新探测的频率，都是1s内所获得的脉冲数。这对此次设计的手持式金属探测器已经足够了，要想提高精度，一是延长获得脉冲的时间，二是减小 Δ PRISE(它是频率波动的范围，如果超出此范围则报警)。

精度设置是通过按键改变传给比较值，比较值设置的比较大则对微小的频率变化系统不会发出警报。



3.2 键盘接收

键盘是输入设备，用它来实现人机交互，让机器更好的按人的要求去工作。这里引入键盘的目的是，进行金属探测精度的设置。由于键盘普遍存在抖动现象，如果抖动现象处理不好，会发生意想不到的结果。为了防止抖动，在程序设计中采用了，一次键位判断，两次键位检测的方法，每一步骤间隔5ms，每次键位确定需要15ms，在检测与接受过程中每一步骤出现错误都将从新开始验证，因此保证了对用户输入的无误接受。键盘接受模块的程序流程图如图所示。



3.3 系统软件测试

测试所需的工具：KEIL 软件、系统硬件、PL2303 下载器等。

系统的软件方面通过 KEIL 软件进行编写，将编写好的程序生成 HEX 文件后通过 PL2303 下载器下载到单片机中。通过观察整个系统运行的状态，然后进行反复的修改调试程序，最终得到一个完善的程序。

在系统软件调试上主要遇到以下问题。

(1) 数码管显示出现闪烁现象

解决方法：在程序上一开始对每一位的显示之间延时过短造成了显示频率过快人眼还没反应过来就更换显示了，所以造成看到的显示会在闪烁，后修改了延时函数显示正常。

(2) 按键无法正常工作，按下后没有反应。

解决方法：通过对矩阵键盘的电路图分析，和实际使用的微动开关进行分析，得知使用到的微动开关四个引脚，其中有两对引脚内部是连接的，也就相当于只有两只有用的引脚，另外两个和这两个是连接在一起。然后观察在实际焊接的时候没有分按键的引脚，出现焊接都是乱的，最后通过重新焊接矩阵键

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/678015127026006057>