

# Altium Designer

## 电路设计20例详解

周润景 刘波 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



# Altium Designer 电路设计 20 例详解

周润景 刘波 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书以 Altium 公司最新开发的软件 Altium Designer 16 版本为平台,结合应用实例,按照实际的设计步骤讲解电子设计的过程,包括设计题目、设计任务、设计方案、PCB 版图、实物照片、元器件清单、习题、注意事项及程序代码。随书配有电子资料包,以方便读者学习。

本书适合从事 PCB 设计的工程技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业和相关职业培训的教學用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer 电路设计 20 例详解 / 周润景,刘波  
编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2017.7

ISBN 978-7-5124-2442-5

I. ①A… II. ①周… ②刘… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 127836 号

版权所有,侵权必究。

### Altium Designer 电路设计 20 例详解

周润景 刘 波 编著

责任编辑 冯 颖

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:710×1000 1/16 印张:36.5 字数:821 千字

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2442-5 定价:79.00 元

---

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024



# 前 言

Protel 是当今优秀的 EDA 软件之一,而 Altium Designer 16 是现在最新版本的 Protel 软件。将 Protel 升级到 Altium Designer 主要有以下几点原因:① Altium Designer 提供了解决布线难题的新工具(差分对布线工具、灵巧交互式布线工具);② Altium Designer 提供了更高级的元件库管理工具;③ Altium Designer 提供了更强大的电路仿真功能;④ Altium Designer 还提供了一些更高效的操作技巧(智能粘贴、自动标注等)。

编写本书的主要目的是:使读者熟悉 Altium Designer 的设计环境;了解 Altium Designer 的功能特性;快速掌握并熟练使用 Altium Designer 绘制 PCB 版图。全书共有 20 个实例,均为科研项目电路或电子设计竞赛常用电路。这 20 个实例分为测量电路实例、驱动电路实例、电源电路实例和综合控制电路实例。测量电路实例包括频率测量电路、数字电压表设计、心电信号检测与显示电路、基于无线传感网的脉搏感测系统设计和血压测量电路设计,共 5 个实例;驱动电路实例包括步进电机控制电路、LED 点阵驱动电路、有刷直流电机驱动电路和无刷直流电机驱动电路,共 4 个实例;电源电路实例包括可调式恒流源充电电路和智能稳压电源设计,共 2 个实例;综合控制电路实例包括声光电子琴、数字时钟电路、基于单片机的公交车自动报站器、声光控窗帘、基于模糊控制的温度控制电路、遥控小车、舞蹈机器人设计、消防灭火小车电路设计和智能小车,共 9 个实例。这 20 个实例由易到难、循序渐进、相辅相成。每个实例都包括了原理图设计、元件库绘制、元件布局、布线、规则设置及检查等完整的 PCB 设计过程。本书提供所有案例的源代码,读者可以到 <http://www.buaapress.com.cn> 的“下载专区”免费下载。

通过学习本书,读者不仅可以对 PCB 设计有一个全面的了解,还可以在创建元件库时选用不同的绘制方法。比如,规则的元件采用元器件向导的方式创建;半规则的元件采用元器件向导与手动修改相结合的方式创建;不规则的元件采用手动绘制的方式创建。各章内容连贯,适合初学者阅读。通过 20 个实例的绘制,读者可以逐步掌握元件布局和布线的相关技巧和方法,为以后的电子设计之路打下良好的基础。

本书具有以下特色:

1. 注重系统性。本书将软件操作与电路设计技术有机地结合在一起,使学生能够更全面地学习和掌握 PCB 设计的整个过程。



2. 注重实用性。本书所提供的电路设计实例均采用图文并茂的方式来讲解,克服了空洞的纯文字描述的缺点。

3. 注重先进性。本书介绍的是 Altium 公司开发的最新技术,并将之应用于电路设计。通过学习其提供的相关新技术和新方法,读者可大大提高设计质量与设计效率。

4. 注重全面性。各章均附有习题、注意事项及程序代码,可使读者更易学习和掌握课程的内容。

本书由周润景、刘波编写,刘波负责第 13 章和第 16 章的编写,其余章节由周润景负责编写,全书由周润景统稿。任自鑫、崔婧、邵绪晨、邵盟、李楠、李艳、南志贤、冯震也参加了本书的编写。全书统稿时,李志、刘艳珍、井探亮、陈萌、邢婧、丁岩、张赫、谢亚楠等提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。作者在本书编写期间,查阅了大量的 IC 芯片数据手册(主要参考网站:<http://www.szlcsc.com>),在此对相关 IC 芯片厂商表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正!

作者

2017 年 4 月

# 目 录

<b>第 1 章 声光电子琴</b> .....	1
1.1 设计题目与设计任务 .....	1
1.2 设计方案 .....	1
1.2.1 电路设计的总体思路 .....	1
1.2.2 系统组成 .....	2
1.2.3 电路详解 .....	2
1.3 电路板布线图(PCB 版图)、实物照片 .....	7
1.3.1 新建项目工程文件 .....	7
1.3.2 绘制元件库 .....	7
1.3.3 元件布局和布线 .....	17
1.3.4 实物照片 .....	35
1.4 习题、注意事项及程序代码 .....	35
<b>第 2 章 步进电机控制电路</b> .....	39
2.1 设计题目与设计任务 .....	39
2.2 设计方案 .....	39
2.2.1 电路的总体设计思路 .....	39
2.2.2 系统组成 .....	40
2.2.3 电路详解 .....	40
2.3 电路板布线图、实物照片 .....	44
2.3.1 新建项目工程文件 .....	44
2.3.2 绘制元件库 .....	45
2.3.3 元件布局和布线 .....	45
2.3.4 实物照片 .....	55
2.4 习题、注意事项及程序代码 .....	55
<b>第 3 章 频率测量电路</b> .....	58
3.1 设计题目与设计任务 .....	58
3.2 设计方案 .....	58



3.2.1	电路设计的总体思路 .....	58
3.2.2	系统组成 .....	58
3.2.3	电路详解 .....	59
3.2.4	直流电机转速频率测量电路的软件设计 .....	62
3.3	电路板布线图、实物照片 .....	64
3.3.1	新建项目工程文件 .....	64
3.3.2	绘制元件库 .....	65
3.3.3	元件布局和布线 .....	65
3.3.4	实物照片 .....	74
3.4	习题、注意事项及程序代码 .....	75
<b>第 4 章</b>	<b>数字电压表电路 .....</b>	<b>80</b>
4.1	设计题目与设计任务 .....	80
4.2	设计方案 .....	80
4.2.1	电路的总体设计思路 .....	80
4.2.2	系统组成 .....	80
4.2.3	电路详解 .....	81
4.3	电路板布线图、实物图 .....	86
4.3.1	新建项目工程文件 .....	86
4.3.2	绘制元件库 .....	86
4.3.3	元件布局和布线 .....	88
4.3.4	实物照片 .....	97
4.4	习题、注意事项及程序代码 .....	97
<b>第 5 章</b>	<b>数字时钟电路 .....</b>	<b>100</b>
5.1	设计题目与设计任务 .....	100
5.2	设计方案 .....	100
5.2.1	电路的总体设计思路 .....	100
5.2.2	系统组成 .....	101
5.2.3	电路详解 .....	101
5.3	电路板布线图、实物照片 .....	105
5.3.1	新建项目工程文件 .....	105
5.3.2	绘制元件库 .....	106
5.3.3	元件布局和布线 .....	107
5.3.4	实物照片 .....	117
5.4	习题、注意事项及程序代码 .....	118
<b>第 6 章</b>	<b>LED 点阵驱动电路 .....</b>	<b>122</b>
6.1	设计题目与设计任务 .....	122
6.2	设计方案 .....	122



6.2.1	电路设计的总体思路 .....	122
6.2.2	系统组成 .....	122
6.2.3	电路详解 .....	123
6.3	电路板布线图、实物照片 .....	129
6.3.1	新建项目工程文件 .....	129
6.3.2	绘制元件库 .....	129
6.3.3	元件布局和布线 .....	131
6.3.4	实物照片 .....	140
6.4	习题、注意事项及程序代码 .....	140
<b>第 7 章</b>	<b>有刷直流电机驱动电路</b> .....	<b>144</b>
7.1	设计题目与设计任务 .....	144
7.2	设计方案 .....	144
7.2.1	电路设计的总体思路 .....	144
7.2.2	系统组成 .....	145
7.2.3	电路详解 .....	145
7.3	电路板布线图、实物照片 .....	149
7.3.1	新建项目工程文件 .....	149
7.3.2	元件布局和布线 .....	150
7.3.3	实物照片 .....	158
7.4	习题、注意事项 .....	158
<b>第 8 章</b>	<b>基于单片机的公交车自动报站器</b> .....	<b>159</b>
8.1	设计题目与设计任务 .....	159
8.2	设计方案 .....	159
8.2.1	电路设计的总体思路 .....	159
8.2.2	系统组成 .....	160
8.2.3	ISD1730 芯片简介 .....	162
8.2.4	程序设计流程图 .....	164
8.2.5	电路原理图 .....	164
8.3	电路板布线图、实物照片 .....	166
8.3.1	新建项目工程文件 .....	166
8.3.2	元件布局和布线 .....	167
8.3.3	实物照片 .....	176
8.4	习题、注意事项及程序代码 .....	177
<b>第 9 章</b>	<b>可调式恒流源充电电路</b> .....	<b>185</b>
9.1	设计题目与设计任务 .....	185
9.2	设计方案 .....	185
9.2.1	电路设计的总体思路 .....	185



9.2.2	系统组成 .....	185
9.2.3	电路详解 .....	186
9.3	电路板布线图、实物照片 .....	190
9.3.1	新建项目工程文件 .....	190
9.3.2	元件布局和布线 .....	191
9.3.3	实物照片 .....	199
9.4	习题、注意事项 .....	200
<b>第 10 章</b>	<b>声光控窗帘 .....</b>	<b>201</b>
10.1	设计题目与设计任务 .....	201
10.2	设计方案 .....	201
10.2.1	电路设计的总体思路 .....	201
10.2.2	系统组成 .....	201
10.2.3	电路详解 .....	202
10.3	电路板原理图、布线图、实物照片 .....	205
10.3.1	新建项目工程文件 .....	205
10.3.2	元件布局和布线 .....	206
10.3.3	实物照片 .....	215
10.4	习题、注意事项及程序代码 .....	215
<b>第 11 章</b>	<b>心电信号检测与显示电路 .....</b>	<b>221</b>
11.1	设计题目与设计任务 .....	221
11.2	设计方案 .....	221
11.2.1	电路设计的总体思路 .....	221
11.2.2	系统组成 .....	222
11.2.3	电路详解 .....	222
11.3	电路板布线图、实物照片 .....	227
11.3.1	新建项目工程文件 .....	227
11.3.2	元件布局和布线 .....	227
11.3.3	实物照片 .....	238
11.4	习题、注意事项及程序代码 .....	238
<b>第 12 章</b>	<b>基于模糊控制的温度控制电路 .....</b>	<b>258</b>
12.1	设计题目与设计任务 .....	258
12.2	设计方案 .....	258
12.2.1	电路设计的总体思路 .....	258
12.2.2	系统组成 .....	259
12.2.3	电路详解 .....	259
12.3	电路板布线图、实物照片 .....	265
12.3.1	新建项目工程文件 .....	265





12.3.2	元件布局与布线 .....	266
12.3.3	实物照片 .....	278
12.4	习题、注意事项及程序代码 .....	279
<b>第 13 章</b>	<b>基于 AT89C51 的智能型稳压电源电路</b> .....	<b>292</b>
13.1	设计题目与设计任务 .....	292
13.2	设计方案 .....	292
13.2.1	总体设计思路 .....	292
13.2.2	系统组成 .....	292
13.2.3	电路详解 .....	293
13.3	电路板布线图、实物照片 .....	300
13.3.1	新建项目工程文件 .....	300
13.3.2	元件布局和布线 .....	301
13.3.3	实物照片 .....	312
13.4	习题、注意事项及程序代码 .....	313
<b>第 14 章</b>	<b>基于无线传感网的脉搏感测系统</b> .....	<b>318</b>
14.1	设计题目与设计任务 .....	318
14.2	设计方案 .....	318
14.2.1	电路设计的总体思路 .....	318
14.2.2	系统组成 .....	318
14.2.3	电路各组成部分详解 .....	319
14.2.4	程序流程图 .....	323
14.3	电路板布线图、实物照片 .....	327
14.3.1	新建项目工程文件 .....	327
14.3.2	元件布局和布线 .....	328
14.3.3	实物照片 .....	342
14.4	习题、注意事项及程序代码 .....	343
<b>第 15 章</b>	<b>血压测量电路</b> .....	<b>348</b>
15.1	设计题目与设计任务 .....	348
15.2	设计方案 .....	348
15.2.1	电路设计的总体思路 .....	348
15.2.2	系统组成 .....	348
15.2.3	电路各组成部分详解 .....	349
15.3	电路板布线图、实物照片 .....	356
15.3.1	新建项目工程文件 .....	356
15.3.2	绘制元件库 .....	357
15.3.3	元件布局和布线 .....	357
15.3.4	实物照片 .....	368



15.4	习题、注意事项及程序代码 .....	368
<b>第 16 章</b>	<b>遥控小车电路 .....</b>	<b>380</b>
16.1	设计题目与设计任务 .....	380
16.2	设计方案 .....	380
16.2.1	电路设计的总体思路 .....	380
16.2.2	系统组成 .....	380
16.2.3	电路各组成部分模块详解 .....	381
16.2.4	软件设计详解 .....	384
16.3	电路板布线图、实物照片 .....	388
16.3.1	新建项目工程文件 .....	388
16.3.2	布局和布线 .....	389
16.3.3	实物照片 .....	400
16.4	习题、注意事项及程序代码 .....	400
<b>第 17 章</b>	<b>无刷直流电机驱动电路 .....</b>	<b>406</b>
17.1	设计题目与设计任务 .....	406
17.2	设计方案 .....	406
17.2.1	电路设计的总方案 .....	406
17.2.2	系统组成 .....	406
17.2.3	电路各组成部分模块详解 .....	407
17.3	电路板布线图、实物照片 .....	413
17.3.1	新建项目工程文件 .....	413
17.3.2	绘制元件库 .....	413
17.3.3	元件布局和布线 .....	421
17.3.4	实物照片 .....	431
17.4	习题、注意事项 .....	431
<b>第 18 章</b>	<b>舞蹈机器人电路 .....</b>	<b>432</b>
18.1	设计题目与设计任务 .....	432
18.2	设计方案 .....	432
18.2.1	电路设计的总体思路 .....	432
18.2.2	系统组成 .....	432
18.2.3	电路各组成部分详解 .....	433
18.3	电路板布线图、实物照片 .....	438
18.3.1	新建项目工程文件 .....	438
18.3.2	绘制元件库 .....	438
18.3.3	元件布局和布线 .....	448
18.3.4	实物照片 .....	459
18.4	习题、程序代码 .....	459



<b>第 19 章 消防灭火小车电路</b> .....	489
19.1 设计题目与设计任务 .....	489
19.2 设计方案 .....	489
19.2.1 电路设计的总体思路 .....	489
19.2.2 系统组成 .....	489
19.2.3 电路各组成部分详解 .....	490
19.3 电路板布线图、实物照片 .....	495
19.3.1 新建项目工程文件 .....	495
19.3.2 绘制元件库 .....	496
19.3.3 元件布局和布线 .....	504
19.3.4 实物照片 .....	515
19.4 习题、程序代码 .....	516
<b>第 20 章 智能小车</b> .....	522
20.1 设计题目与设计任务 .....	522
20.2 设计方案 .....	522
20.2.1 电路设计的总体思路 .....	522
20.2.2 系统组成 .....	522
20.2.3 电路各组成部分模块详解 .....	523
20.3 电路板布线图、实物照片 .....	531
20.3.1 新建项目工程文件 .....	531
20.3.2 绘制元件库 .....	531
20.3.3 元件布局和布线 .....	538
20.3.4 实物照片 .....	556
20.4 习题、注意事项及程序代码 .....	557
<b>参考文献</b> .....	569



# 第 1 章

## 声光电子琴

### 1.1 设计题目与设计任务

设计题目:声光电子琴。

设计任务:设计一台声光电子琴,使其能在发出 DO、RE、MI、FA、SO、LA、SI 七种不同音调的同时,点亮相应的 LED 灯。

### 1.2 设计方案

#### 1.2.1 电路设计的总体思路

弹奏功能:有七个键,分别代表 DO、RE、MI、FA、SO、LA、SI,采用定时中断计算延时时间来让单片机发出不同频率的声音,单独按下按键蜂鸣器发出相应的音调,点亮相应 LED。那么怎样确定一个频率所对应的定时器的定时值呢?以 C 调音符 DO 为例:DO 的频率  $f = 523 \text{ Hz}$ ,其对应的周期  $T = 1/f = 1/(523 \text{ Hz}) = 1912 \mu\text{s}$ ,通过对端口 P3.4/T0 循环的置位、清 0 来达到输出固定频率波形,对于 DO 频率为  $523 \text{ Hz}$ , $T = 1912 \mu\text{s}$ ,那么  $t = T/2 = 1912/2 \mu\text{s} = 956 \mu\text{s}$ ,所以我们只要在程序中将 P3.4/T0 置为高电平,延时  $956 \mu\text{s}$ ,再置为低电平,延时  $956 \mu\text{s}$ ,如此循环,就可以得到  $523 \text{ Hz}$  频率的声音。这个延时可以用定时器中断来实现。假设单片机晶振频率为  $12 \text{ MHz}$ ,以定时器工作方式 1 来实现定时中断,可以得到定时器/计数器初值为

$$\text{TH} = (65536 - 956) / 256 = 0\text{xFC}$$

$$\text{TL} = (65536 - 956) / 256 = 0\text{x44}$$

以此类推即可确定各个音符的定时器/计数器的初值,如表 1.1 所列。





表 1.1 音符频率的倍频关系

C 调音符	D0	RE	MZ	FA	SO	LA	SI
频率/Hz	523	586	658	697	783	879	987
TH/TL	FC44	FCAC	FD09	FD34	FD82	FDC8	FE05

### 1.2.2 系统组成

声光电子琴整个系统主要分为以下四部分：

- 第一部分：电源电路；
- 第二部分：单片机最小系统；
- 第三部分：蜂鸣器驱动电路；
- 第四部分：按键电路。

整个系统方案的模块框图如图 1.1 所示。

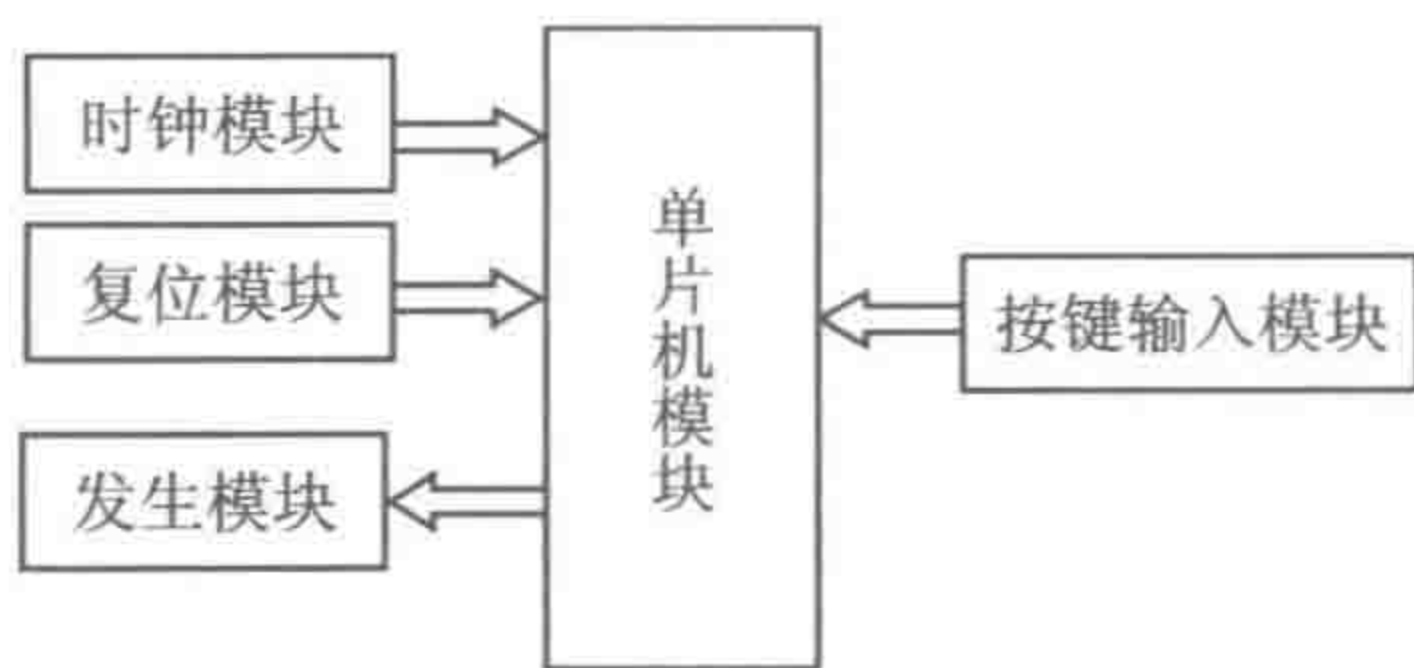


图 1.1 声光电子琴系统模块框图

### 1.2.3 电路详解

#### 1. 电源电路

P1 为外接端口，为电路提供工作电压，如图 1.2 所示。

#### 2. 单片机最小系统

单片机最小系统包含三部分，分别为时钟电路、复位电路、蜂鸣器驱动电路。

##### 1) 时钟电路

晶体振荡器与 AT89C51 的接法如图 1.3 所示，XTAL1 和 XTAL2 接到 12 MHz 的晶体振荡器上，与两个 22 pF 的电容器并联，并接低电平。

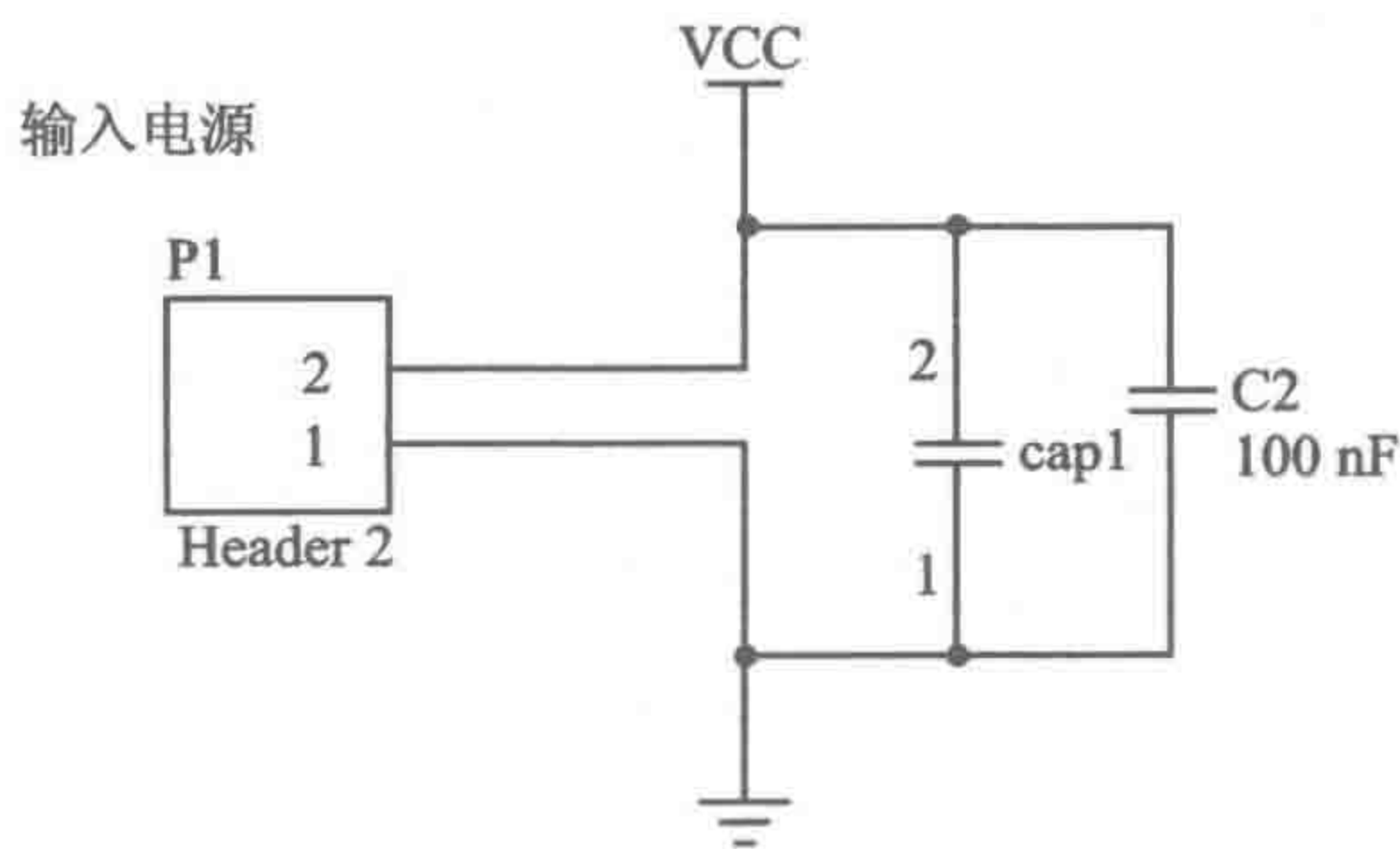


图 1.2 电源电路

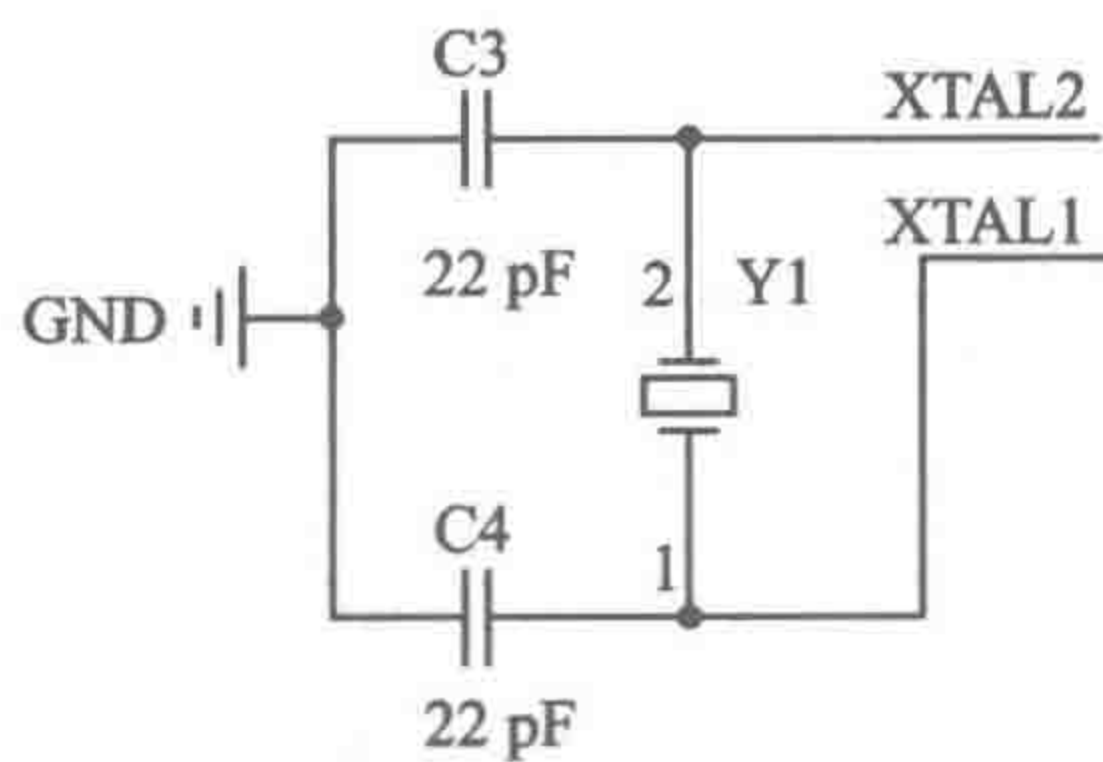


图 1.3 时钟电路

##### 2) 复位电路

AT89C51 的复位引脚(RESET)是第九脚，当此引脚连接高电平超过 2 个机器周



期(1个机器周期包含12个时钟脉冲)时,即可产生复位的操作。以12 MHz的时钟脉冲为例,每个时钟脉冲为 $1/12 \mu\text{s}$ ,两个机器周期为 $2 \mu\text{s}$ 。因此,我们可在第九脚上连接一个 $2 \mu\text{s}$ 以上的高电平脉冲即可产生复位操作,在此使用的 $10 \text{ k}\Omega$ 电阻、 $100 \text{ nF}$ 电容,其时间常数远大于 $1 \mu\text{s}$ ,所以第九脚上的电压可保持 $2 \mu\text{s}$ 以上的高电平,足以使系统复位,即电源通电复位电路自动复位。复位电路如图1.4所示。

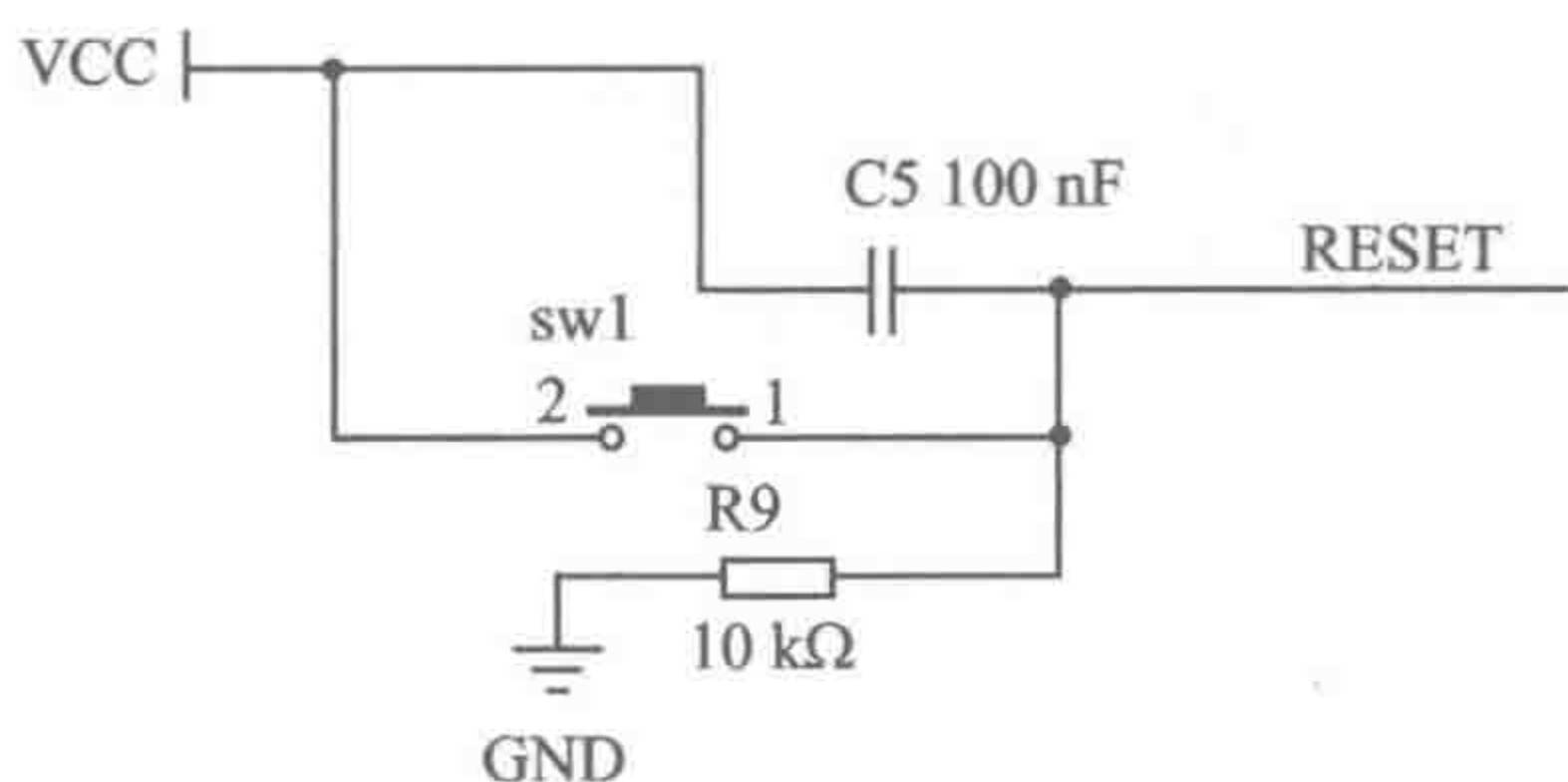


图 1.4 复位电路

### 3) LED 驱动电路

LED为发光二极管的简称,其体积小、耗电低,常被用作微型计算机与数字电路的输出装置,用以显示信号状态随着通过LED的顺向电流的增加,LED的亮度将更亮,而LED的寿命也将缩短,所以电流以 $10 \sim 20 \text{ mA}$ 为宜。8051的输入/输出端口都是漏极开路的输出,其中的P1~P3内部有 $30 \text{ k}\Omega$ 的上拉电阻,因此在LED旁边串联一个 $510 \Omega$ 的电阻以防止电流过大而烧坏LED灯。

LED驱动电路如图1.5所示。

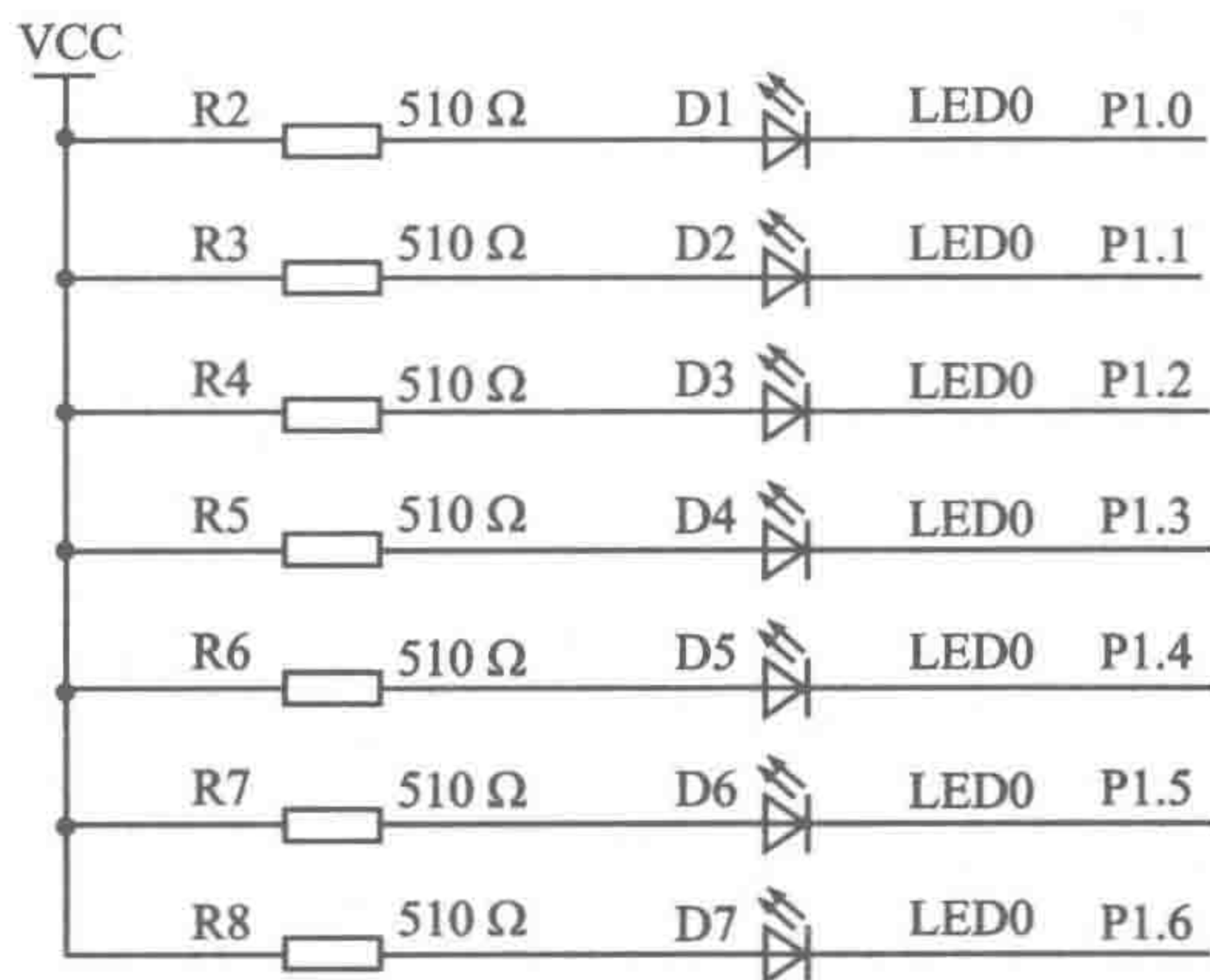


图 1.5 LED 驱动电路

## 3. 蜂鸣器驱动电路

此处使用的是一个 $5 \text{ V}$ 无源蜂鸣器。无源蜂鸣器可以理解成与喇叭一样,需要在供电端加上高低不断变化的电信号才可以驱动发出声音。对于无源蜂鸣器,驱动其发出声音的过程较为复杂。因为它本身不带信号源,因此,只是通上电源并不能使其发出声音,必须要不断地重复通电、断电,才能使其发出声音。我们可以通过编写程序,控制T0口不断地置为高电平—低电平—高电平……,这样蜂鸣器就可以不断地通电、断电,从而发出声音。通电、断电的时间不同,相当于振荡周期不同,因此可以得到不同频率的声音,从而发出DO、RE、MI、FA、SO、LA、SI七种不同的音调,如图1.6所示。



### 4. 按键电路

按键电路由七个按键组成,分别对应蜂鸣器发出的 DO、RE、MI、FA、SO、LA、SI 七种不同的音调,如图 1.7 所示。

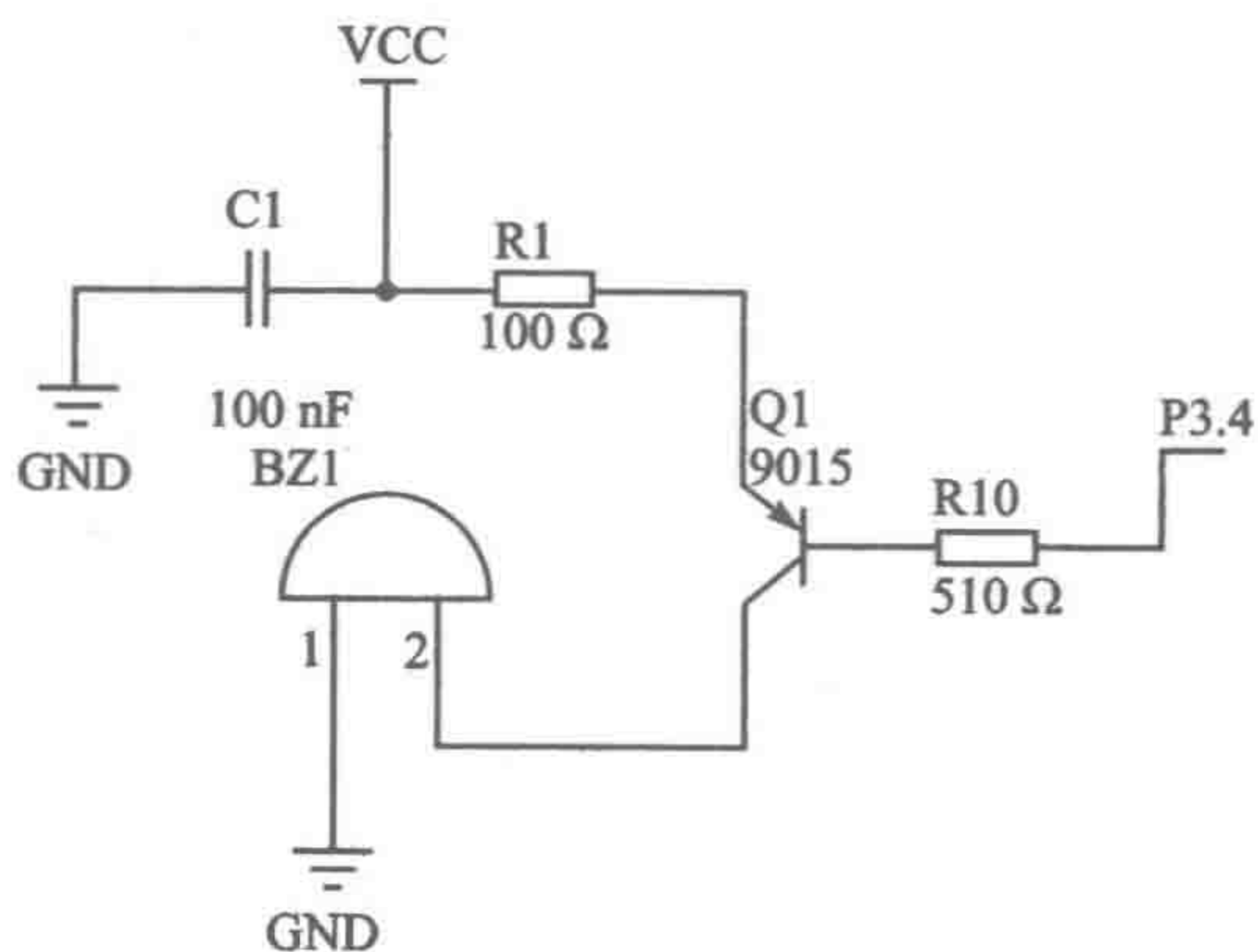


图 1.6 蜂鸣器驱动电路

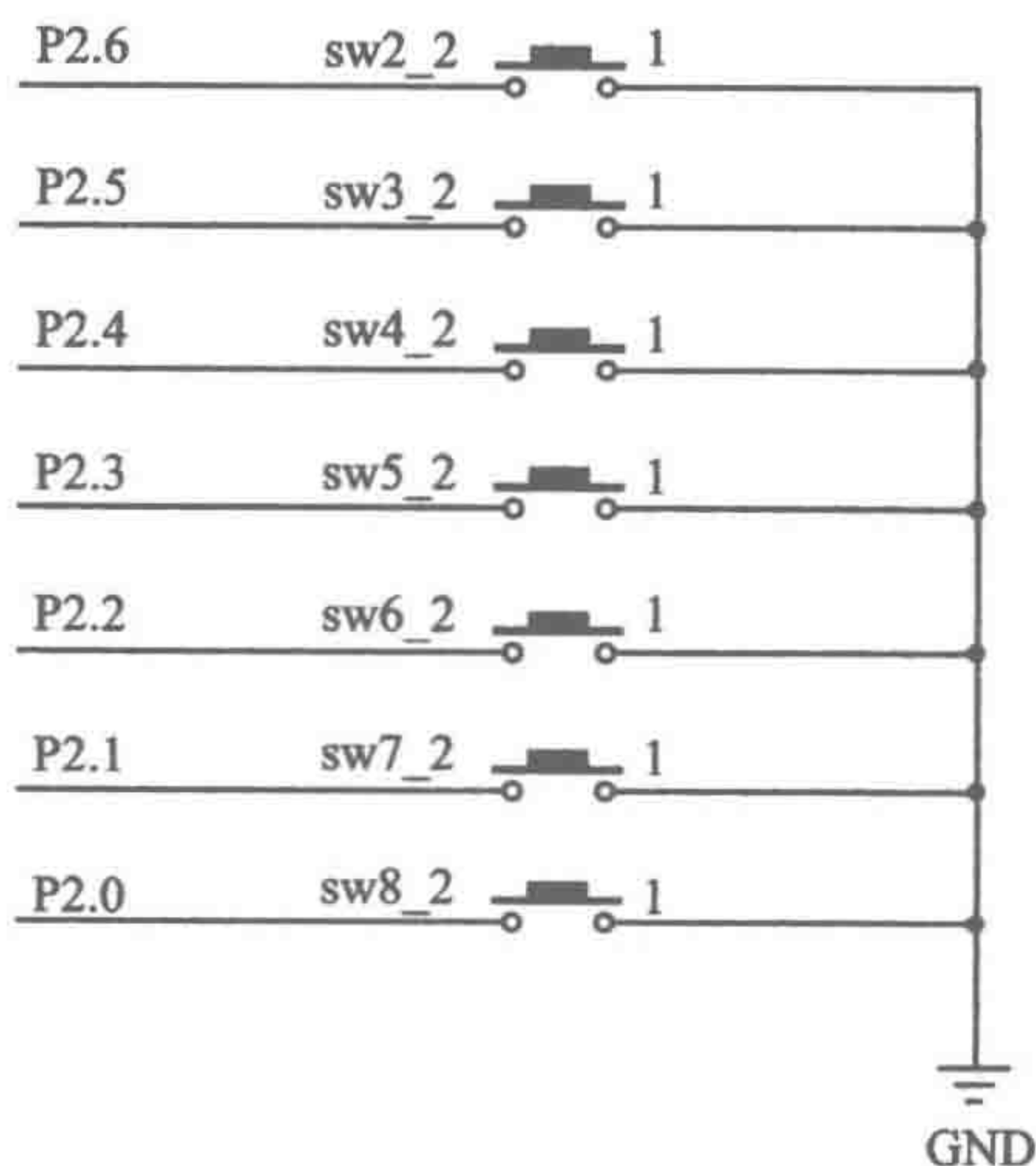


图 1.7 按键电路

### 5. 单片机程序流程图

单片机程序流程图如图 1.8 所示。

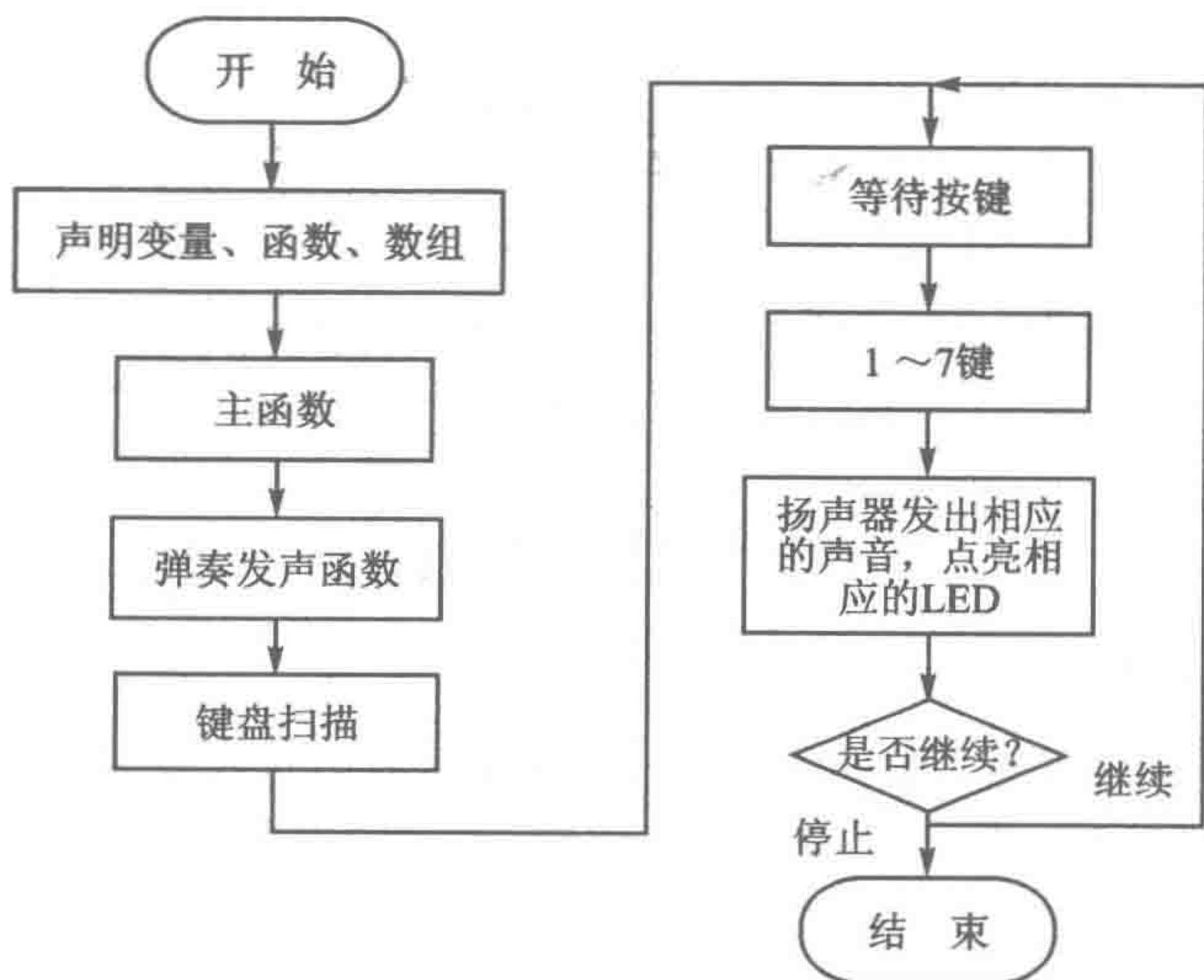


图 1.8 单片机程序流程图

### 6. 电路整体原理图

电路整体原理图如图 1.9 所示。





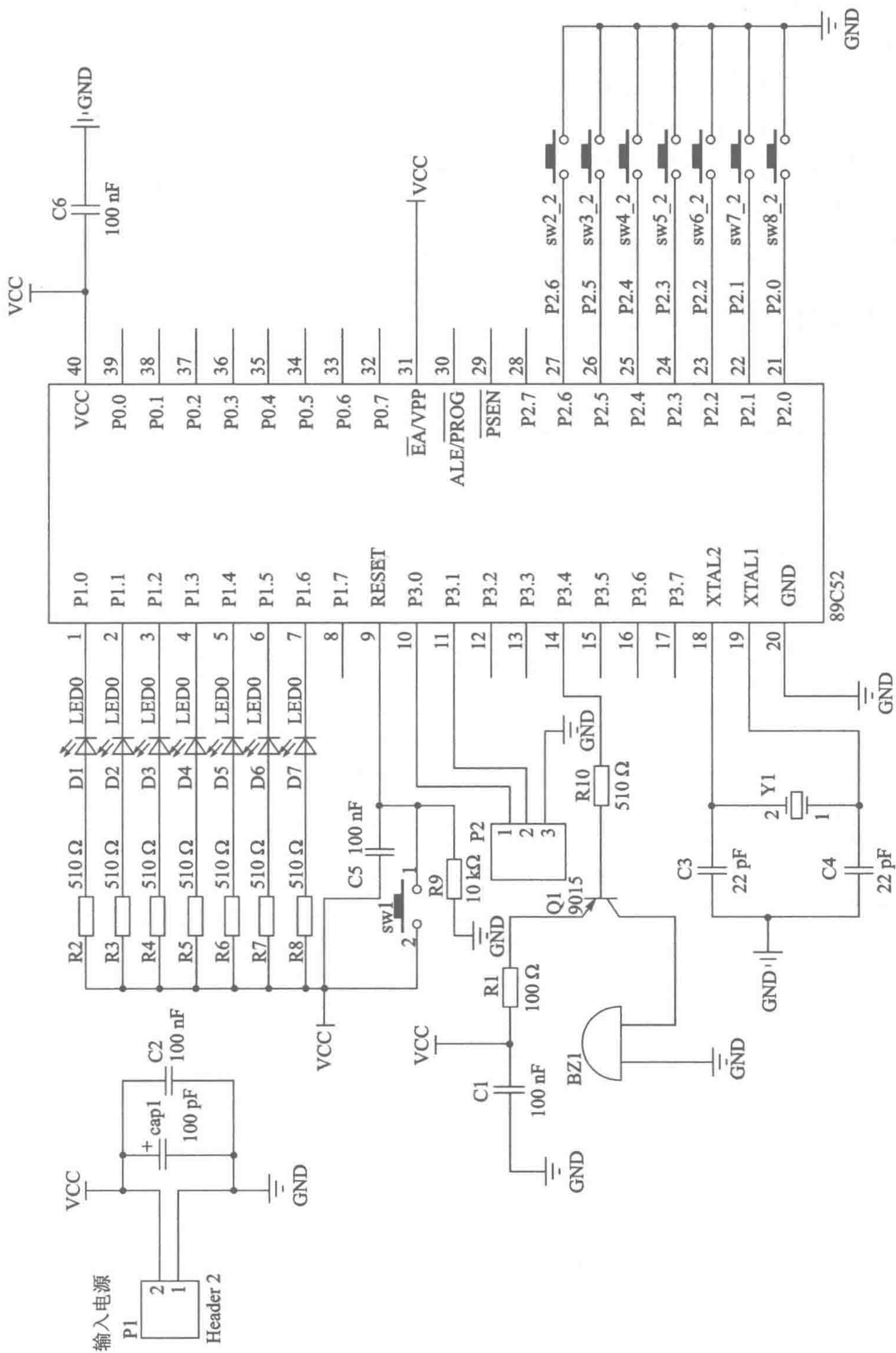


图1.9 整体电路图