

# 基于 MSP430F1121 射频低电平窄脉冲信号检测

刘传武, 张智军, 张安旭  
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘要:**设计了一种基于单片机的射频低电平窄脉冲信号检测系统,并进行了工程实现。该系统可有效检测脉宽  $\tau \geq 0.7 \mu\text{s}$ , 占空比  $D < 1/2000$ , 信号电平  $P \geq -15 \text{ dBm}$  的微波脉冲信号,通过对单片机的中断响应过程进行控制,可有效消除干扰信号的影响,电路简单,工作性能可靠。

**关键词:**低电平窄脉冲信号; 单片机; 中断

**中图分类号:** V24      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009 - 3516(2006)01 - 0056 - 03

脉冲信号检测在雷达、通信、导航、电子对抗等领域的工程实践中有着广泛需求。传统方法对脉冲信号检测,都是先将脉冲信号的峰值保持,然后再进行各种处理,基本沿用两种方法:模拟法和数字法<sup>[1-2]</sup>。对脉宽较宽、较高占空比脉冲信号的检测,模拟法和数字法都已经做得很成功,并且市场上已经出现专门芯片可用于该类信号检测<sup>[2]</sup>;但对于低电平、低占空比的窄脉冲信号检测的有效方法却很鲜见。特别是测量雷达系统的辐射信号,其脉宽窄、占空比低,加上环境噪声的影响,对接收方来说,检测变得较为困难。本文采用了基于 MSP430F1121 的单片机系统,能够有效地对雷达信号进行检测,并可进行数值处理,消除环境干扰信号的影响,在实际应用中显示了其优越性。

## 1 工作原理

系统所接收的射频脉冲信号经过处理后产生的视频信号,比较微弱。实际系统中,由于干扰的存在,信号还不能直接应用,必须经过前置跟随、放大电路处理,跟随电路进行阻抗匹配,保证前后级工作性能稳定;放大电路把信号放大到满足后续电路处理所需要的电平。本系统在检测信号有无的同时,可以对信号电平幅度范围作出判断,方法就是在单片机系统前端引入比较电路。在比较电路中设置不同的门限值,比较电路通过比较输入信号与门限值,指示被测信号的大小,同时输出相应的信号(本系统采用双路比较器,因此可设置两个门限  $X_1$  和  $X_2$ ,把信号分为3段:  $X < X_1$ 、 $X > X_2$  和  $X_1 < X < X_2$ ;采用高速比较器,保证了输出信号与输入信号的一致性。比较器的输出信号作为中断信号进入单片机系统,通过设置不同的中断优先级,单片机对输入信号进行处理,同时输出相应的控制信号。两次中断响应的时间间隔由计数器控制,而计数的长度根据来波脉冲信号周期(通常是已知的)确定。采用“积累判别”法,即在连续10个中断响应时间的时刻,若有大于6个脉冲信号到来,则判断信号为有效信号,否则认为是无信号状态。同时,单片机的响应间隔由被检测信号的周期决定,两个脉冲信号间的信号判断为干扰信号,单片机将不响应,从而有效消除干扰信号的影响。单片机的输出能够表示出输入信号的状态,并产生控制信号,控制系统其他部件工作。

## 2 系统实现

### 2.1 跟随、放大电路

为了能够用单片机处理微弱信号,必须先把信号放大。对于脉宽为  $\tau$  的脉冲信号,其带宽  $B = 1/\tau$ ,假

收稿日期:2005-06-13

作者简介:刘传武(1982-)男,安徽凤台人,硕士生,主要从事电磁场与微波技术等研究;

张智军(1960-)男,河北磁县人,教授,主要从事电磁场微波技术与天线,计算电磁场等研究。

设窄脉冲的脉宽为  $1\mu\text{s}$ , 则其带宽  $B = 1M^{[3]}$ , 实际应用过程中, 由于各种干扰以及器件本身的影响, 必须选择带宽至少  $10\text{M}$  的器件才能更好的满足要求。方案选用低噪声、宽带高速运放 AD829 组成跟随放大电路, 见图 1。AD829 支持信号带宽在  $50\text{M}$  以上。图 1 中 U1 是作为跟随器, U2 是放大器。采用跟随器是由于 AD829 的输入阻抗不够大, 如果直接把信号接入信号放大器, 电压将跌为零, 必须要加一级跟随器进行阻抗匹配。根据输入脉冲信号的特点, 放大电路可以采用同相和反相放大。本文给出的是负脉冲检测方案, 为便于后续比较处理, 放大器采用反相放大, 放大倍数由  $R_1$  和  $R_2$  决定, 放大倍数  $A = -R_1/R_2$ 。

### 2.2 比较电路

为判断脉冲信号电平, 设计了比较电路。比较器输入信号与设置的门限电平比较, 然后在其相应管脚输出信号, 此信号已经达到 TTL 电平, 可以当做单片机的中断信号。图 2 是其中通道之一, 比较器采用高速、高精度 MAX912 芯片, 反应时间为  $10 - 20\text{ns}$ 。信号经过  $R_3$  由 8 管脚入, 门限电平由 7 管脚入, 比较器通过判断 7、8 管脚的电平高低, 由 1、2 管脚输出信号。门限电平由精密电位器  $R_1$  和电阻  $R_2$  决定。门限电平:  $V_c = 2R_2/(R_1 + R_2)$ 。

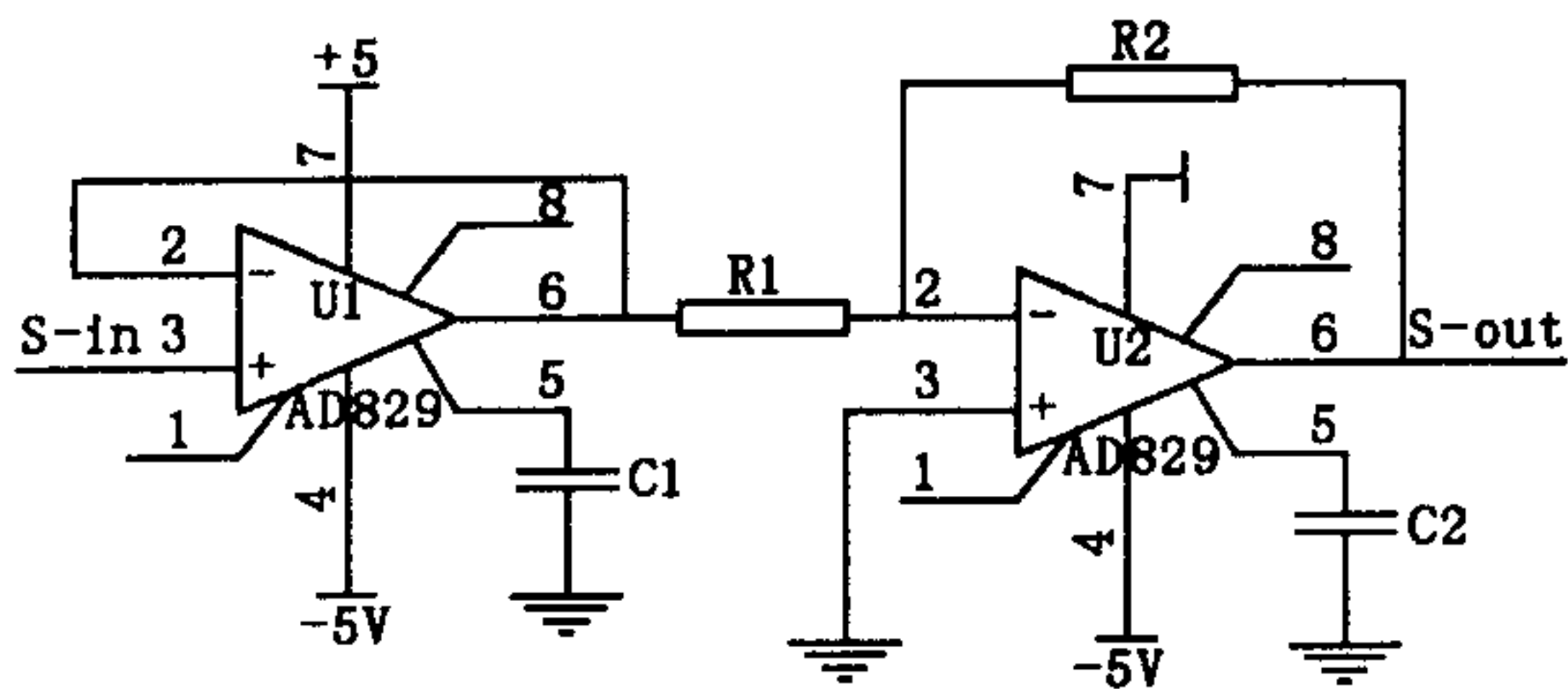


图 1 跟随放大电路原理图

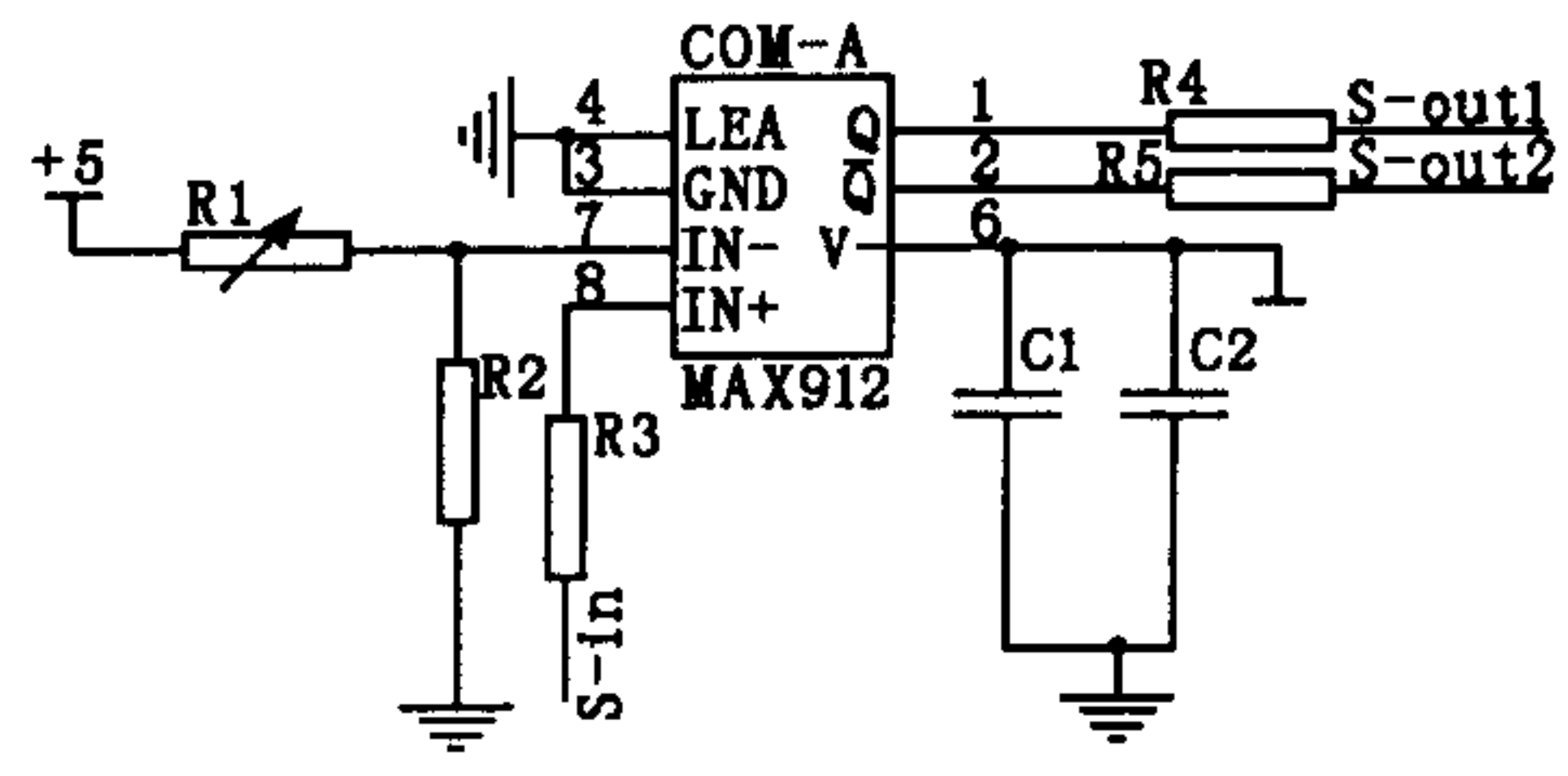


图 2 比较电路原理图

### 2.3 单片机和显示电路

本设计所采用的单片机是 TI 公司生产的 MSP430F1121, MSP430F1121 是 TI 公司生产的超低微控制器, 具有 16 位 RISC 结构, 16 位 CPU 寄存器和常数寄存器, 4KB ROM, 256B FLASH, 256B RAM, 指令周期为  $125\text{ns}$ , 低工作电压 ( $1.8 - 3.6\text{V}$ ), 超低功耗消耗工作电流 ( $1.3 - 160\mu\text{A}$ ), 具有 5 种省电模式, 可串行在线编程, 程序代码由加密熔丝保护<sup>[4]</sup>。微控制器是本系统的“大脑”, 负责完成信号的检测和处理。系统组成见图 3。单片机利用内部晶振。比较器的输出信号由 9、10、及 14、15 管脚入。经过单片机处理后, 在 11、12、13、14 管脚输出相应信号。为提高输出信号的带负载能力, 在每个输出管脚设计三极管放大器, 可驱动 LED 工作。

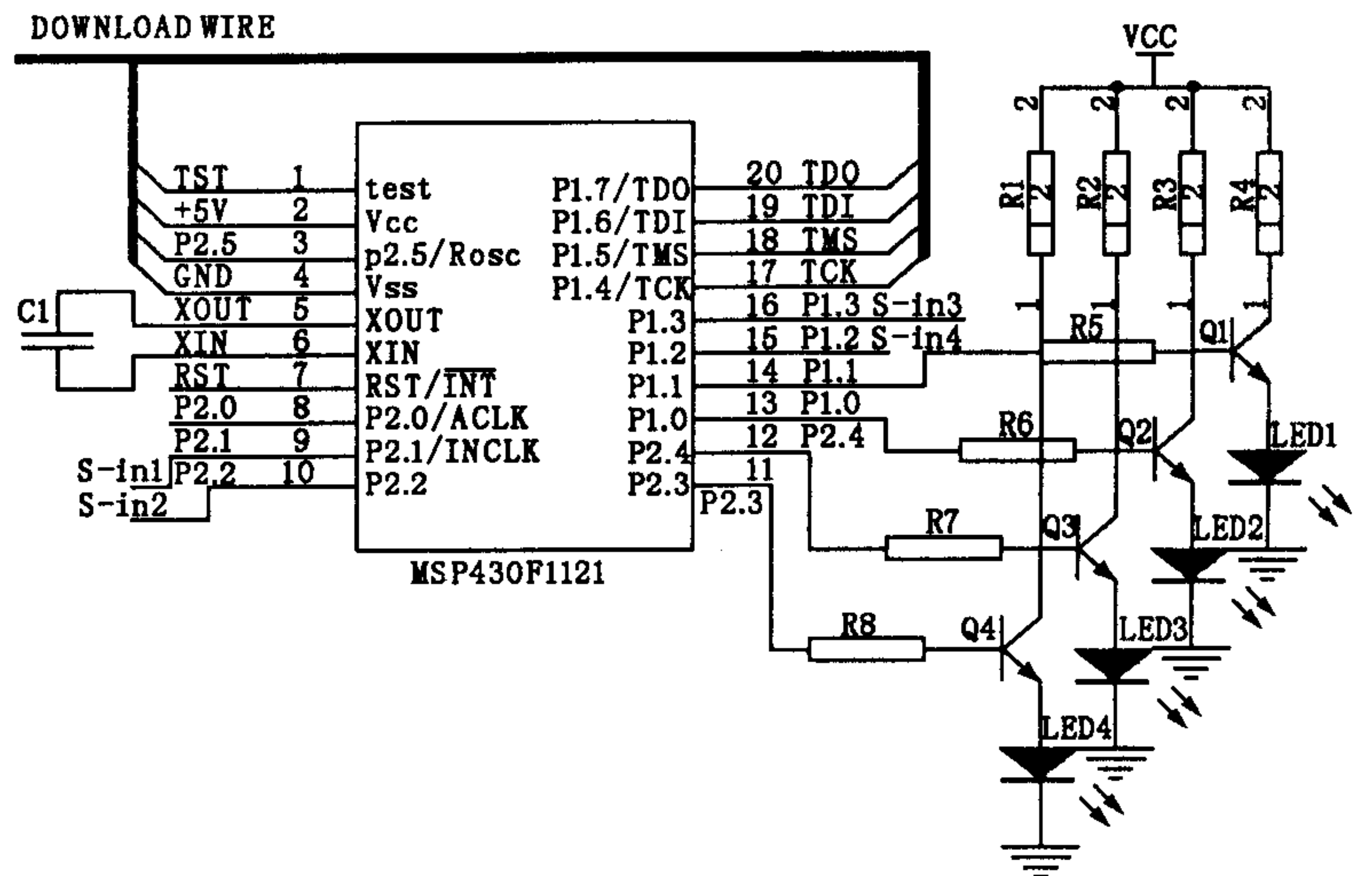


图 3 单片及机显示电路原理图

### 2.4 电源

电源电路保证系统各器件正常工作。考虑到系统的工作稳定和使用方便, 采用  $12\text{V}$  蓄电池供电。而芯片 AD829 和 MAX912 的工作电压是  $5\text{V}$ , 故采用 DC - DC 变换器, 同时起到稳压作用。为抑制电源噪声, 减小电源纹波系数, 在电源的输出通道上并接一个电解电容 ( $220\mu\text{F}$ ) 和一个瓷片电容 ( $0.1\mu\text{F}$ )。由于芯片 MSP430F1121 的工作电压是  $1.8\text{V} - 3.6\text{V}$ , 因此必须另外设计限压电路以满足需求, 见图 4, 芯片 LM317 及其外围电路完成对  $5\text{V}$  电压的限幅, 限幅后的电压范围在  $1.8 - 3.6\text{V}$ , 满足单片机的工作要求。

### 2.5 软件部分

系统软件采用模块化设计, 包括初始化、判断、延时、中断处理模块。初始化模块主要完成程序所用变量的初始化, 包括各个寄存器、看门狗等计时器的初始化。判断模块用于单片机输出指示信号前, 对输入信号是否到来做出判断, 具体为: 当单片机接到中断信号后, 并不急于输出信号, 而是从接到第一个中断开始, 开



启动定时器,定时时间为十个信号周期,继续等待中断,如果在定时时间内接到六个以上中断信号,则判断为信号稳定输入,单片机响应中断,输出相应指示信号。延时模块用于当中断来时,单片机的输出管脚保持一段时间的输出信号。中断模块用来设置不同的中断优先级,为判断信号幅度提供了可能。程序流程见图5。

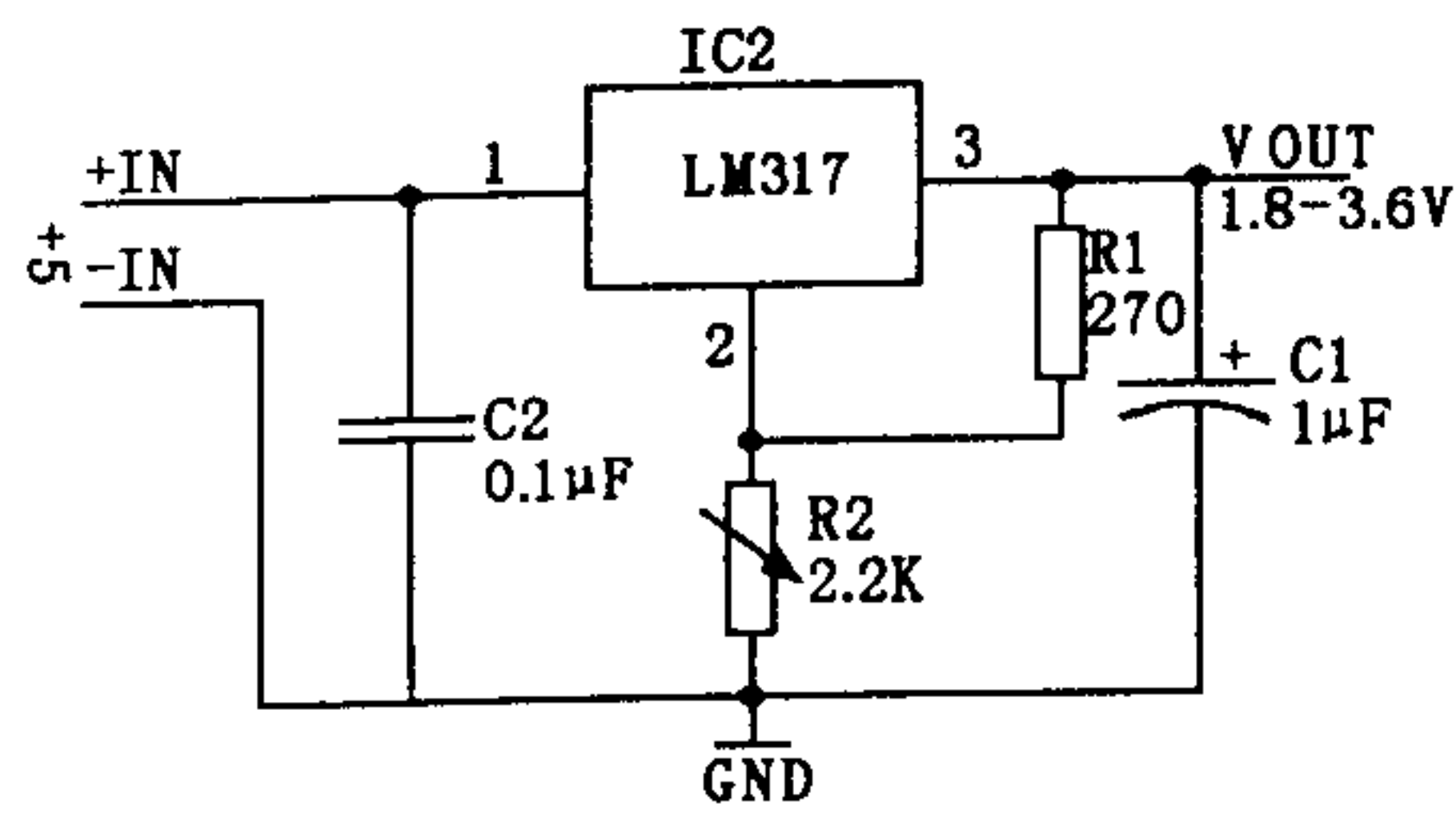


图4 单机电源供电原理图

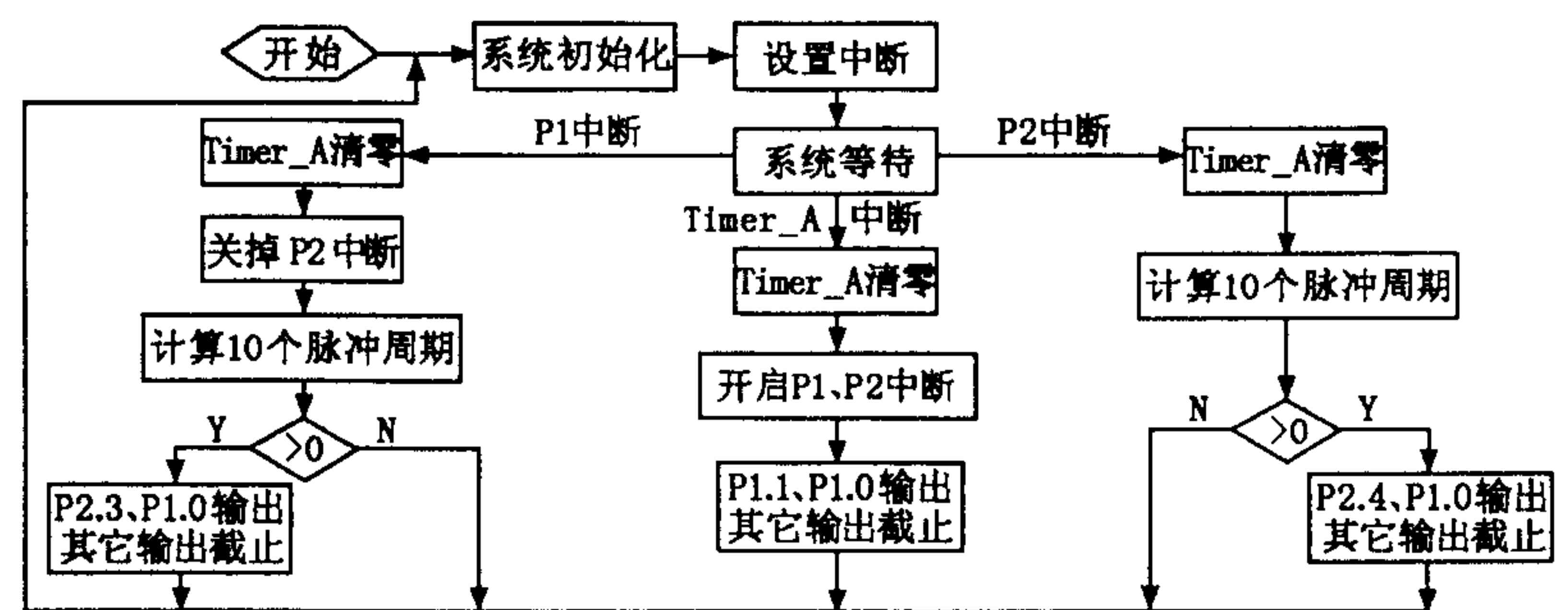


图5 程序流程图

### 3 实验结果

经过系统性能和结构设计、器件选型、PCB板的设计以及硬件制作调试和程序的调试,证明了本系统可以对窄脉冲信号进行检测。在调试的过程中,采用微波信号源 AgilentE8257C,模拟了不同载频(X波段、KU波段)、不同周期(0.8-10 ms)、不同脉宽(0.7-2.0  $\mu\text{s}$ )的脉冲信号,用来检测系统的性能。实验发现,当信号脉宽  $\tau \geq 0.7 \mu\text{s}$ , 占空比  $D < 1/2000$ , 信号电平时,系统工作稳定,能够检测信号,并给出正确的指示(采用LED作为系统状态指示)。为了提高系统的抗干扰性,采用了电磁屏蔽技术,利用屏蔽盒将系统封装其内,有效抑制了干扰。

### 4 结束语

本系统已成功应用于对某型机载雷达性能检测系统中,工程使用表明本系统使用维护方便,工作性能稳定可靠。由于采用了单片机检测技术,在检测过程中,可有效去除环境干扰,并可适用于不同雷达信号格式,体现了该系统良好的适应性。采用单片机系统对窄脉冲信号检测,其成本低、使用方便、性能可靠、可扩展性强,具有良好的推广应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 常晓明. 基于 Verilog-HDL 的轴承振动噪声电压峰值检测[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2002, 12(2): 56-58
- [2] 李媛媛. 基于 MAX120 的峰值电压检测及其与 CPLD 的接口[J]. 今日电子, 2003, 11(2): 14-16
- [3] 沈建华. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004
- [4] 丁鹭飞. 雷达原理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 1984.

(编辑:姚树峰)

## An RF Small Pulse Signal Detecting System Based on MSP430F1121

LIU Chuan-wu, ZHANG Zhi-jun, ZHANG An-xu

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China)

**Abstract:** This paper presents an RF pulse signal detecting system based on MSP430F1121, the pulse may be high-frequency, low-amplitude and narrow-width. A general design of the system is introduced. The system can effectively detect the pulse signal when pulse-width  $\tau \geq 0.7 \mu\text{s}$ , duty-cycle  $D < 1/2000$ , and its amplitude  $P \geq -15 \text{ dBm}$ . By controlling the time between interruptions, the system can eliminate the influence of disturbance signal efficiency. Experiments have proved that the system is simple in its circuit, effective and reliable in operating performance.

**Key words:** narrow and low amplitude pulse; MSP430F1121; interruption