

# 四频微波辐射计控制与数据处理系统研究

李建国 程明虎

(中国气象科学研究院,北京 100081)

**摘要** 论述了采用 80C196 单片机开发的四频微波辐射计的控制与数据处理系统,该系统主要包括接口电路、数据采集电路、时序控制电路和控制与数据处理的软件模块。在软件设计中编写了实时多任务操作系统,由任务调度、任务通信、实时时钟和输入输出及中断管理 4 部分组成。数据处理方法采用了当前国际上先进的数字调制解调技术。该系统可以完成实时控制、数据采集与数据处理、实时显示及实时通信等功能。由于采用了单片机控制结构,使该系统结构简化、体积缩小、成本降低、可靠性提高,具有较好的应用价值。

**关键词** 微波辐射计 单片机与控制 数字调制解调

## 引言

水是大气中极为活跃的气象要素,准确地了解大气中水汽及液态水的时空演变对于中小尺度危害性天气研究及超短期预报、云物理及人工影响天气、航空及环境遥感等领域都具有较大的实用价值。从 20 世纪 60 年代后期开始,在利用微波辐射技术遥感大气温度、湿度及云中液态水含量方面,国内外许多研究机构,如美国 NOAA 波传播实验室<sup>[1]</sup>、北京大学<sup>[2]</sup>及中国科学院大气物理所<sup>[3]</sup>等都做过许多研究工作。我们在吸取国内外微波遥感最新成果的基础上,采用单片机控制技术,着力研制一种自动化程度高、操作简便、稳定度好、灵敏度高的四通道微波辐射计。四频微波辐射计主要是利用微波辐射技术遥感大气温度、湿度及云中液态水含量的仪器,辐射计水汽通道的工作频率为 23.87 GHz 和 31.65 GHz,氧气通道的工作频率为 53.33 GHz 和 55.45 GHz<sup>[4]</sup>,其特点是可以长期、连续、无人职守工作,且能自动实时处理资料。本文所论述的内容主要包括四频微波辐射计的控制与数据处理系统软、硬件的研究。

## 1 硬件控制电路及接口电路的设计

### 1.1 80C196 单片机的特点

我们采用 80C196 单片机作为四频微波辐射计

的中央处理器。它具有集成度高、可靠性高、系统硬件结构简化及运算速度快等优点。一片 80C196 单片机<sup>[5]</sup>包括有 CPU、256 字节 RAM、一个全双工串行口,具有多种功能的 5 个 8 位并行口、2 个 16 位定时器、4 个高速输入引脚,主要用来记录外部事件出现的时间和在特定的时刻触发外部事件。另外,还有一个 8 路 10 位 A/D 转换器,一个脉冲宽度调制输出,以上这些部件全部封装在一个芯片里。

### 1.2 控制电路与接口电路的硬件设计

整个系统的硬件框图如图 1。硬件部分主要由 CPU、存储器、接口电路及控制电路组成。

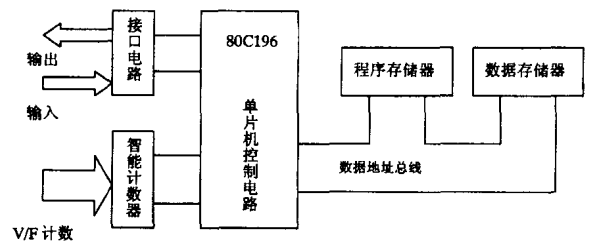


图 1 系统硬件框图

通过智能计数器对辐射计输出的 V/F 信号进行计数,同时利用 80C196 单片机的一个并行口输出脉冲调制信号对辐射计进行控制(图 2)。为了提高系统的可靠性和测量精度,我们采用了双参考源

作者简介:李建国,男,1957 年生,正级高级工程师,从事大气探测、自动控制、雷达硬件系统及自动气象站系统设计和研发。

Email:lijianguo@huatron.com

收稿日期:2003 年 8 月 27 日;定稿日期:2004 年 3 月 16 日

结构(恒定参考负载和添加噪声注入)。在脉冲调制信号中,衰减器调制脉冲的作用是,当该信号处于逻辑高电平时,将等效噪声或参考负载信号经定向耦合器添加到接收机输入端,当衰减器调制脉冲信号处于逻辑低电平时,天线接入接收机输入端,此时辐射计所测量的信号,即 V/F 输出为:(天顶)计数值。噪声调制信号的作用是,当该信号处于逻辑高电平时,将等效噪声+参考负载信号添加到接收机的输入端,此时辐射计所测量的信号,即 V/F 输出为:(噪声+参考负载信号)计数值,当噪声调制信号处于逻辑低电平时,只将参考负载信号添加到接收机的输入端,此时 V/F 输出为:(参考负载信号)计数值。

整个系统测量计算周期为 1 s,在一个调制周期中,经过换算可得出 3 种 V/F 输出的计数值,即:噪声信号计数值( $N_n$ )、参考负载信号计数值( $N_r$ )、天顶计数值( $N_a$ )。与此同时,利用 80C196 单片机内的 A/D 转换器,通过测量电路对参考负载温度、机箱温度及波导温度定时进行采样测量并及时进行修正,确保整个系统的测量精度。

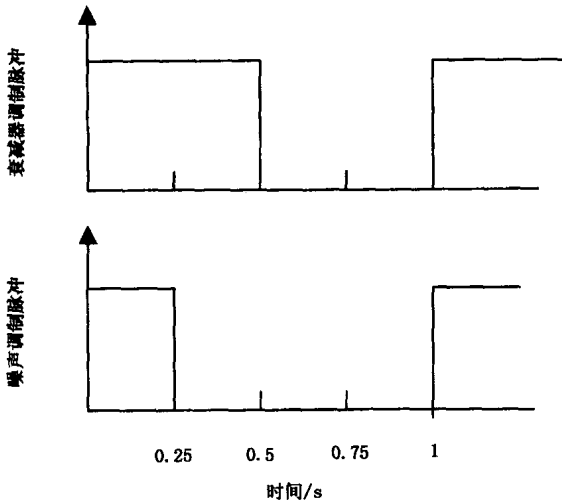


图 2 脉冲调制信号波形

最后通过软件对所测量的计数值进行数据处理,将计算结果(4 个亮温值、水汽和云水总量等)通过 RS232 串行口送到主机中。

## 2 软件设计

系统软件主要功能如下:

① 根据时序要求输出脉冲调制信号,同时对辐射计输出的多路 V/F 输出信号分别进行计数。

② 每秒对参考负载温度、波导温度及机箱温度分别进行测量及 A/D 转换并进行相应的数据处理。

③ 每分进行数据处理,计算出对应 4 个频率的各自亮温值、水汽及云水含量。

④ 根据要求可对俯仰和方位进行自动扫描完成标定任务。

⑤ 随时与主机进行通信及传送计算结果。

### 2.1 软件框图

软件系统<sup>[5]</sup>框图如图 3 所示。它允许 8 个任务同时并行运行,每个任务有 3 种状态:运行态、就绪态和休眠态。运行态就是该任务正处于运行状态,这时它可以独占 CPU 和其他资源,每次只能有一个任务处于运行态。就绪态就是该任务现在可以运行,由于某种原因只能处于等待状态。休眠状态就是该任务需等待某个事件的发生(如定时时间到),此时无法运行,处于等待状态,只有当条件满足后,才能进入运行状态或就绪状态。

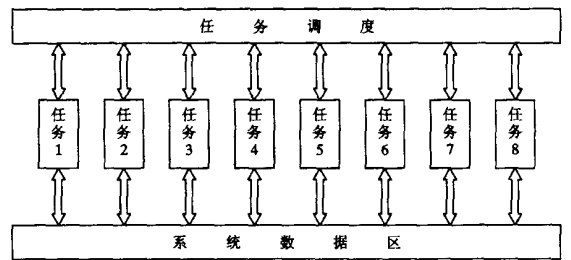


图 3 系统软件框图

任务之间的转换由任务调度完成,在任务调度时,软件系统采用任务优先级调度算法,以保证实时性要求较高的任务优先得到运行权。这种模块式结构设计,使得整个程序结构简化,调试方便,每个任务之间都是相互独立的,便于功能的扩充和软件的移植。

### 2.2 任务的功能

任务 1:每秒对参考负载温度、机箱温度、波导温度进行采样,在算法上采用软件滤波的方法,每分求一次滑动平均值并计算出相应的温度值。

任务 2:每 1/4 s 对辐射计输出的 V/F 信号进行计数,每秒对各计数值进行累加求和。

任务 3:每分对各路 V/F 信号的计数值分别求出各自的算术平均值。

任务 4:每分将计算结果通过 RS232 串行口送

往主机同时存入断电保护 RAM 区中,将数据保存。

任务 5:每分分别计算并繁衍出 4 个亮温值、水汽及云水总量。

任务 6:随时接收从主机发来的命令信息,进行各种命令的处理,完成辐射计与主机的人机对话功能。

任务 7 和任务 8:备用(功能扩展)。

中断处理程序:软件定时中断,每 50 ms 产生一次中断,向辐射计发出各种脉冲调制控制信号,根据要求置相应的任务标志位,调制信号的周期为 1 s,波形见图 2。

### 2.3 亮温、水汽及液态水积分总量计算

亮温、水汽及液态水积分总量的计算由任务 5 完成。采用滑动平均的算法,每分分别计算并繁衍出 4 个亮温值、水汽及液态水积分总量。在一个调制周期中,从辐射计的 V/F 输出中可以推导出 3 种计数值,它们分别对应于天线、参考源及噪声源的总功率输出采样计数值,分别用符号  $N_a$ 、 $N_r$  及  $N_n$  表示。

如果已知参考源的物理温度  $T_r$  及噪声源的物理温度  $T_n$ ,则亮温  $T_b$  可由下式求出:

$$T_b = T_r - T_n \left( \frac{N_r - N_a}{N_n} \right) \quad (1)$$

水汽积分总量和液态水积分总量可通过下面回归方程求出<sup>[2]</sup>,

$$V = a_0 + a_1 \tau_{23.87} + a_2 \tau_{31.65} \quad (2)$$

$$L = b_0 + b_1 \tau_{23.87} + b_2 \tau_{31.65} \quad (3)$$

其中: $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_0$ 、 $b_1$ 、 $b_2$  为常数。这些常数由历史资料按最小方差估计方法求出。

$$\tau = L_n \frac{T_{mr} - T_g}{T_{mr} - T_b}$$

$T_{mr}$  为大气平均辐射亮温(已知),  $T_g$  为宇宙微波背景辐射,  $T_g$  大约等于 3 K,  $T_b$  为大气亮温,在式(1)

中已求出。

以上这些繁衍计算过程均由单片机控制系统完成,最后将计算结果存入数据存储器中,通过 RS232 串行接口与上位计算机进行通信。该系统已通过与微波辐射计的联机调试,各项性能指标满足设计要求。

### 3 结论

四频微波辐射计的数据处理方法采用了当前国际上先进的数字调制解调技术,即将四频微波辐射计的调制视放输出由 V/F 转换器变成高阶频率量,通过智能计数器按软件设定的数字积分周期计数,接下来就可以在软件中做数字解调。在硬件设计中,采用了较先进的 80C196 单片机进行控制,使系统硬件结构简化,功能增强,整个系统可以安装在辐射计的接收机内。在软件设计中,使用汇编语言编制了实时多任务操作系统及应用软件,可完成对辐射计的控制、数据采集、数据处理及反演计算等功能,可以长期、连续、无人职守工作,且能自动实时处理资料。由于系统中采用了单片机控制结构,使系统硬件结构紧凑,操作灵活,稳定可靠,提高了系统的性能价格比,具有很强的竞争实力,同时为今后投入业务使用奠定了基础。

### 参考文献

- 1 Hogg D C, Decker M T, Guiraud F O, et al. A steerable dual-channel microwave radiometer for measurement of water vapor and liquid in the troposphere. J. Appl. Meteor., 1983, 22(5):789 - 806
- 2 赵柏林. 大气探测原理. 北京:气象出版社,1987
- 3 周秀骥. 大气微波辐射及遥感原理. 北京:科学出版社,1982
- 4 王坪. 地基大气遥感技术及综合应用研究实施方案. 北京:中国气象局,1993
- 5 Intel Corporation. INTEL 80C196 KB16 位高性能 CMOS 单片机参考手册. 北京中软计算机研究所译. 北京:北京中软计算机研究所,1993

(下转第 290 页)

# Control and Data Processing System for Four-Channel Microwave Radiometers

Li Jianguo Cheng Minghu

( Chinese Academy of Meteorological Sciences , Beijing 100081 )

**Abstract :** The control and data processing system for four-channel microwave radiometers controlled by a single chip microprocessor is discussed. The system contains the interface circuit, data acquisition circuit, sequence control circuit and control and data processing module. The real-time multi-task operating system for the single chip microprocessor was designed. The software design contains task management, task communication, clock, input-output and interrupt management. The advanced digital modulation-demodulation technology for data managing methods was adopted. The system has capabilities of real-time control, data collection, real-time display and communication, etc., and has simple structure, small size, low cost and high reliability, thus has broad prospects in application.

**Key words :** microwave radiometer, single chip microprocessor, digital modulation demodulation