

基于单片机的低功耗高精度融雪测量仪的设计

张 建

(西安工程大学 电子信息学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 针对我国西北等地区因积雪融化而造成山洪、滑坡、泥石流等自然灾害,设计一款融雪测量仪来实时监测积雪的融化状况,并作出预警。在该设计中主要在单片机的选型、工作模式的控制以及供电电源的控制模式来降低功耗。经过测试,该设备运行正常、数据传输稳定,同时具有高精度、低功耗的特性。对于监测积雪的融化状况是一种可行的设计方法,而且具有一定的实用价值。

关键词: 单片机;低功耗;高精度;数字滤波

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)19-0076-03

Design of low power high precision snowmelt measuring instrument based on micro controller

Zhang Jian

(School of Electronic and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: In view of the northwest and other regions cause flash floods, landslides and other natural disasters by melting snow, to design a snowmelt measuring instrument to monitoring condition of the melting snow and make alarm. During this design, it is a key step that selection of the microcontroller, controlling the mode of micro-controller and control supply power mode. The device is operating normally, transmitting data stably and it's high accuracy and low power consumption. It is a feasible design for monitoring the melting snow, and it also has some practical value.

Key words: micro controller; low power consumption; high precision; digital filtering

我国对于积雪的实时检测技术还比较落后,如通过利用卫星来实时监视积雪融化动态,但在实际的运作中,由于地面环境的复杂性存在比较大的误差与缺陷^[1]。早在1973年,MrClain等人指出雪的表面反射率可以作为雪深的指示因子^[2],但是由于地表土壤成分各不相同以及表面杂物不同,其检测效果也并不可观。因此,研制一套低功耗高精度的融雪测量仪是有必要的,而且具有广阔的应用前景。

1 总体设计方案

本设计提出以超声波传感器进行积雪厚度的实时监测,采用“渡越时间检测法”进行雪厚的测量。其测量原理为:超声波发射器垂直地向雪表面发射超声波,同时采集板上微控制器内部定时器开始计时,碰到雪面反射回来。当超声波接收器接收到反射波时,定时器就立即停止计时,根据定时值,计算出发射点距雪表面的距离 S 。假设设备安装高度为 S_0 ,雪厚值为 S_0-S 。最终控制

器对采集板进行召测,对采集到的数据处理与分析,并做出相应的预警功能。

2 低功耗的实现方案

低功耗实现方案主要有:控制板的主控制器的选型以及工作模式的选择;控制AT89C2051单片机的工作模式和485通信状态的控制以及设置合理的采样周期。

(1) 主控制器的选型及工作模式的选择

控制板的主控制器选择MSP430F149,这是一款16位超低功耗的混合信号处理器。电源电压采用1.8~3.6V,在2.2V、1MHz的时钟条件下运行时,电流仅有160 μ A。待机模式:1.6 μ A。关闭模式(RAM保持):0.1 μ A。平时让主控制器处于LPM3模式下,CPU停止工作,主时钟关闭,子时钟关闭,内部振荡器关闭,辅导时钟打开,其功耗为2 μ A。同时,将TIMER_A的时钟源选为ACLK,当到达定时时间时,用#pragma vector=TIMER_A1_VECTOR中断CPU唤醒。具体程序实现方法为:

《微型机与应用》2012年第31卷第19期

```

Void Init_Timer_A()
{
TACTL1=TASSEL_1+TACLK; //选择时钟源为 ACLK
TACTL1=MC1+TAIE; //使能定时器 A 中断
}
_BIS_SR(LPM3_bits+GIE); //Enter LPM3 interrupt
#pragma vector=TIMER_A1_VECTOR //中断服务函数
__interrupt void Timer_A(void)

```

(2) 工作模式以及 485 状态控制

平时单片机处于“空闲方式”状态,当有串口中断唤醒的时候,CPU 才开始采集数据。当采集完成后通过 RS-485 总线发送给控制板(注:RS-485 平时处于接收状态,需要发送时才使能发送端口,为了降低功耗),执行完成后单片机继续“睡觉”。程序实现方法如下所示。

```

Void Init_Uart()
{
TMOD=0X21; TH1=0XFD; TL1=0XFD; TR1=1;
//波特率发生器的选择
REN=1; //使能接受
SM0=0; SM1=1;
ES=1; //打开串口中断
EA=1; //开总中断
}

```

```

Void Init_485()
{
CONTROL_485=0; //使 485 模块处于接收状态;
}

```

```

Void Serial() interrupt 4 //串口中断服务函数
{
}

```

```

Void Lower_Power()
{
CONTROL_485=0; //使 485 处于接收状态
PCON=0X01; //使单片机处于“空闲模式”
}

```

(3) 设置合理的采样周期

由于积雪的融化与温度有关,当温度在冰点之下时,积雪不融化。这时候就没必要一直去采集积雪的融化状况,即采集频率可以减小,对于降低功耗是一种有效的方法(根据实际情况可在软件中设定值)。该设计中设定的采样周期如表 1 所示。

表 1 采样周期的设定

环境温度<冰点(0℃)	1 h 采集一次
环境温度>冰点(0℃)	5 min 采集一次

3 高精度的实现方案

高精度的实现方案主要表现为:确定回波检测方案,温度补偿,对采集值进行数字滤波,真实值与测量值

之间做线性补偿。

(1) 确定回波检测方案

能够快速检测到回波对于提高精度是一个关键点。如果在程序中使用冗余或者复杂的程序后,势必会增加定时器的计数值,从而影响测距精度。下面是该设计中使用的回波检测程序。

C 语言程序:

```

while(SUPERSONIC_IN&&(TF0==0))
{}
TR0=0; //关闭定时器 0
反汇编分析:
290: while(SUPERSONIC_IN&&(TF0==0))
C:0x055B 30B703 JNB SUPERSONIC_IN(0xB0.7),C:0561
C:0x055E308DFA JNB TF0(0x88.5),C:055B
291: {}
292:
293: TR0=0; //关闭定时器 0
C:0x0561 C28C CLR TR0(0x88.4)

```

一条 JNB bit,rel 汇编语句执行时间为 2 个机器周期,一条 CLR C 汇编语句执行时间为 1 个机器周期,所以执行一次上述回波检测语句需要 5 个机器周期,而该设计中使用的晶振为 12 MHz,一个机器周期为 1 μs,因此需要 5 μs。由公式 $S=VT/2$,S 为距离,V 为波速,T 为渡越时间。假设此时的 V 为 340 m/s,得 $S=0.85$ mm,误差在 1 mm 之内,在设计允许范围之内。

(2) 温度补偿

由于超声波波速受到环境温度的影响,需要对波速进行温度补偿,利用数字温度传感器采集环境温度,以便为做成高精度的采集系统做保障。表 2 列出几种不同温度下的超声波波速^[3]。

表 2 超声波波速在不同温度下的波速

温度/℃	-30	-20	-10	0	10	20	30	100
波速/(m/s)	313	319	325	323	338	344	349	386

根据上述表 2 中数据,可以得出温度补偿公式如式(1)所示:

$$V=331.5+0.607 \times T \quad (1)$$

其中 V 表示实际波速,T 表示环境温度。程序算法如下所示:

```

float Count_Supersonic_Speed
(UCHAR real_temp)
{
float V1;
V1=real_temp/2+real_temp/10+331+1/2;
return V1;
}

```

(3) 对采集值进行数字滤波

由于实际测量中会出现偶然脉冲干扰,使测得的数值偏差很大,通过防脉冲干扰平均滤波法(Anti-Pulse

技术与方法 Technique and Method

Interference Average Filtering Method) 踢除此干扰, 同时对剩余的数据取平均值。测试效果如表 3 所示。

表 3 防脉冲干扰平均滤波法的测试效果

	实际数据/mm	测量数据/mm	平均值/mm
1	800	802	
2	800	801	
3	800	801	
4	800	802	
5	800	801	801.375
6	800	802	
7	800	803	
8	800	804	
9	800	801	
10	800	801	

(4) 真实值与测量值之间做线性补偿

由于实际测量值与真实值之间会存在误差, 现在通过用一次函数 $Y=KX+B$ 做线性补偿算法来减少测量误差。在没有加入补偿之前如表 4 中的误差 1 所示。E2 到 E11 中的数值是 Y 由式 $E_N=(A_{N+1}-A_N)/(B_{N+1}-B_N)$, ($N=2\sim 11$) 得到。F2 到 F22 中的数据是对 E2 到 E11 中数据取平均值。G2 到 G11 中的数据由公式 $G_N=A_N-F_NB_N$, ($N=2\sim 11$)。H_N($N=2\sim 11$) 中的数据是对 G2 到 G11 取平均值

得到。计算出 $K=1.077\ 229\ 163$, $B=32.240\ 783\ 23$ 。 $Y=1.077\ 229\ 163X+32.240\ 783\ 23$, 得到补偿后的数据 I2 到 I22。最终保证误差在 5% 左右, 如表 4 中的误差 2 所示。

经过测试, 融雪测量仪的测量范围为 300 mm ~ 2 000 mm, 测量精度控制在 5% 之内, 且耗电量低。同时, 由于考虑到实际应用环境的复杂性, 对于元器件的选择全都采用工业级产品, 以保证设备的稳定与可靠性。

参考文献

- [1] 毛炜峰, 张旭, 杨志华, 等. 卫星遥感首次监测到准噶尔盆地西北部的冬季融雪洪水 [J]. 冰川冻土, 2010, 32(1): 211-214.
- [2] RAMSAY B H. The interactive multisensor snow and ice mapping system[J]. Hydrological Processes, 1998, 12: 1537-1546.
- [3] 翟国富, 刘茂恺. 一种实时高精度的机器人用超声波测距处理方法[J]. 应用声学, 1990(1): 17-24.

(收稿日期: 2012-03-22)

作者简介:

张建, 男, 1987 年生, 在读硕士, 主要研究方向: 电子信息工程。

表 4 补偿前后的误差对比

1	实际数据	测量数据	误差 1		斜率		根据平均 k 求 B		误差 2	
	I_y	I_x	$x-y$	%	$K(y_2-y_1)/(x_2-x_1)$	斜率平均值 k	$(B=y-kx)$	系数 B 平均值 b	$Y=kx+b$	%
2	500	432	-68	-13.600 0	1.063 829 787	1.077 229 163	34.637 001 58	32.240 783 23	497.603 781 6	-0.479 2
3	550	479	-71	-12.909 1	1.111 111 111	1.077 229 163	34.007 230 92	32.240 783 23	548.233 552 3	-0.321 2
4	600	524	-76	-12.666 7	1.111 111 111	1.077 229 163	35.531 918 59	32.240 783 23	596.708 864 6	-0.548 5
5	650	569	-81	-12.461 5	1.020 408 163	1.077 229 163	37.056 606 25	32.240 783 23	645.184 177	-0.740 9
6	700	618	-82	-11.714 3	1.136 363 636	1.077 229 163	34.272 377 27	32.240 783 23	697.968 406	-0.292 2
7	750	662	-88	-11.733 3	1.041 666 667	1.077 229 163	36.847 294 09	32.240 783 23	745.366 489 1	-0.617 8
8	800	710	-90	-11.250 0	1.020 408 163	1.077 229 163	35.167 294 27	32.240 783 23	797.073 489	-0.365 8
9	850	759	-91	-10.705 9	1.041 666 667	1.077 229 163	32.383 065 28	32.240 783 23	849.857 717 9	-0.016 7
10	900	807	-93	-10.333 3	1.190 476 19	1.077 229 163	30.676 065 46	32.240 783 23	901.564 717 8	-0.173 9
11	950	849	-101	-10.631 6	1.136 363 636	1.077 229 163	35.432 444 061	32.240 783 23	946.808 342 6	-0.336 0