

文章编号: 1007- 2985(2007) 03- 0076- 03

* 基于 AVR 单片机的自动准同期装置频率测量方法

彭道林

(湖南农业大学理学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 频率测量在自动准同期装置的设计中十分重要, 它直接影响到压差、角差计算的准确度和并网的质量. 笔者以 ATMEGA128 单片机为例, 结合工程经验, 探讨了 2 种不同的测量办法, 对工程应用有一定的借鉴意义.

关键词: 输入捕获; 溢出; 中断

中图分类号: TP391. 72

文献标识码: A

ATMEGA128 单片机自身带有输入捕捉功能, 这为精确计算周期提供了一个很好的基础. 16 位定时器 T1 和 T3 可以在外部事件(上升沿或下降沿) 来到时, 将相应定时器的计数值保存在输入捕获寄存器 ICP1 和 ICP3 当中.^[1] 毫无疑问, 不管使用何种方法, 硬件都必须将正弦信号转变为方波信号送入 ATMEGA128 的输入捕捉端, 推荐的波形变换电路见图 1 所示. 笔者所探讨的 2 种方法都是围绕微处理器的硬件基础展开. 主要的工作就是必须准确地测量出系统侧和对象侧各自相邻 2 个上升沿或下降沿之间的时间差. 由于自动准同期装置还必须计算角差, 故 T1 和 T3 还必须承担起实际角差时间(也就是测量系统侧和对象侧之间相邻的上升沿或下降沿的时间差, 下同) 的测量, 因此周期测量部分附带包含实际角差时间的测量.

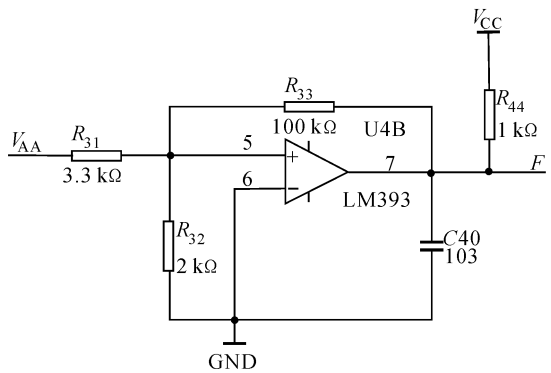


图 1 波形变换电路

1 测量方法 1 的思路和流程

假设 T1 和 T3 分别对应于系统侧和对象侧的周期捕获(假定两者均设置为上升沿捕获中断), 那么第 1 种思路就是在相邻 2 个上升沿的前者到来时, 将计数值清零, 那么后者到来时所捕获的计数值乘上定时器的分辨率就是周期 T. T1 和 T3 输入捕获中断对应的程序流程图如图 2, 3 所示. T3 由系统侧定时器 T1 启动, 因此不用初始化. t_r 指定定时器的分辨率(与 ATMEGA128 时钟频率和对应定时器的分频系数有关), Flag_order 标志位用来判断本次上升沿是否为连续两者中的前一个.

当系统侧前次上升沿到来时, T1 中断程序将捕获值保存在变量 prek1 中, 清零上升沿次序标志位 Flag_order1 和定时器计数寄存器 TCNT1, 然后启动对象侧定时器 T3. 那么, 当再一个上升沿到来时, 中断程序就会根据标志位(Flag_order1 = 0) 判断出该次上升沿为连续 2 个上升沿中的后者. 因此, 此时的计数值乘上定时器的分辨率 t_r 就是系统侧的周期 T_s .

再反过来看对象侧定时器 T3, 当捕获事件发生的时候, T3 的中断程序还是依据自身的上升沿次序标志位 Flag_order3 来判断此次到来的上升沿是连续 2 次中的前者或是后者. 如果是前者, 说明该上升沿是定时器 T3 被 T1 启动后到来的第 1 个上升沿. 假定此时所捕获的值为 x, 则实测角差时间为 $t_w = (x - prek3) \times t_r$. 然后中断程序依旧把 TCNT3 和 Flag_order3 清零, 等待下次上升沿的到来. 下一个上升沿到来后, 类似地可以用计数值乘上定时器的分辨率 t_r 得到对象侧的周

* 收稿日期: 2007- 03- 11

基金项目: 湖南省科技攻关重点资助项目(04GK2012); 湖南农业大学青年科研基金资助项目(03QN02)

作者简介: 彭道林(1973-), 男, 湖南常德人, 湖南农业大学理学院讲师, 硕士, 主要从事智能控制、嵌入式系统与单片机运用研究.

期 T_g , 然后关掉 T3, 等待 T1 再次启动. 方法 1 的时序图解如图 4 所示.

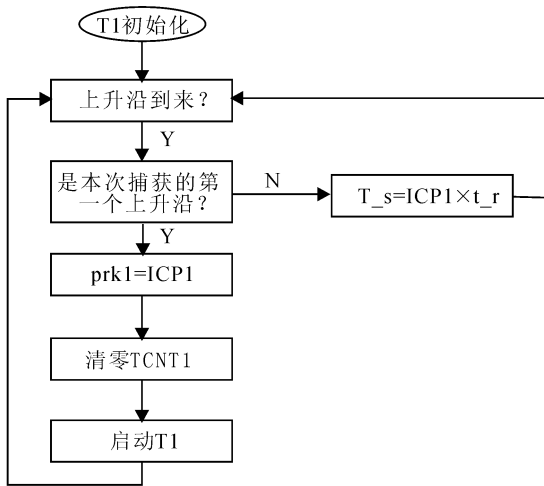


图 2 方法 1 中 T1 中断流程图

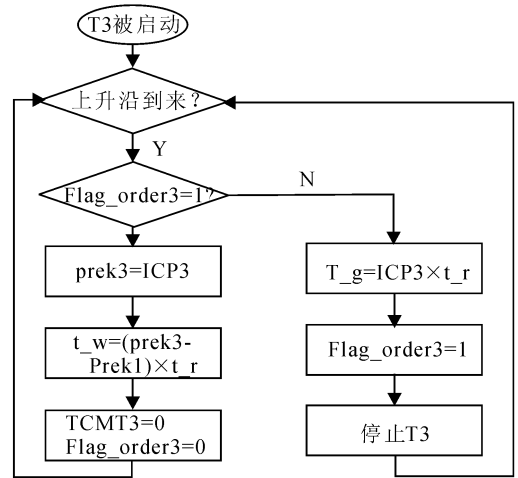


图 3 方法 2 中 T3 中断流程图

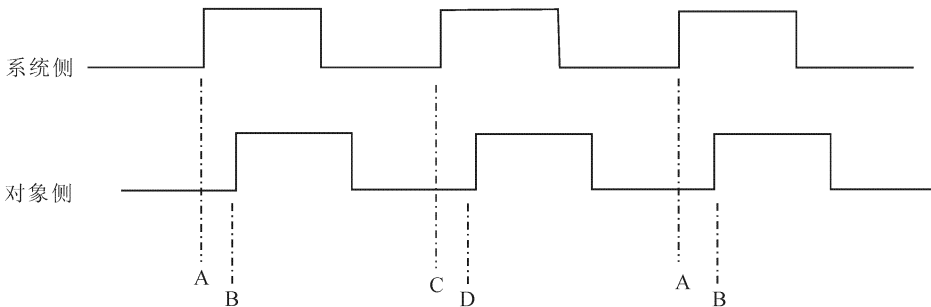


图 4 方法 1 的时序图

笔者发现, 方法 1 实现的频率测量程序在实验中却并不准确. 而且毫无例外, 出现大的误差均表现为计算频率大于实际频率. 笔者以为可能是定时器溢出的影响, 但是当定时器采用的预分频时, 一个溢出循环时间为 65.535 ms, 远超过工频电压周波长度 (20 ms), 因此不存在这个问题. 经过详细查找, 笔者所用的程序中把电压采样中断 (采用的是定时器 0 的输出比较中断) 屏蔽掉, 频率计算的精度马上会提高. 但是原因绝对不是“中断嵌套”所造成的, 因为 AVR 系列单片机和 51 系列有一个重要的不同, 那就是当进入任何一个中断服务程序时, 硬件将自动关闭全局中断, 待中断返回时再打开. 因此, 若要实现中断嵌套, 必须在进入某个中断服务程序后将全局中断打开, 然后将相应的局部中断使能. 真正的原因是中断优先级和软件中的定时器计数值清零发生了冲突, 这个冲突的过程可以见图 5 所示.

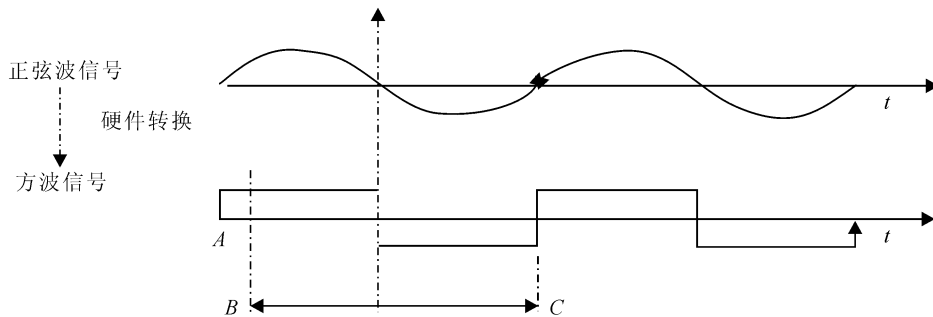


图 5 方法 1 的定时器清零被更高级中断推迟示意图

图中 A 时刻是系统侧或对象侧信号上升沿到来的时刻, 此时硬件自动将定时器 T1 或是 T3 的计数值保存在 ICP1 或是 ICP3 中. 按照方法 1 的设计思路, 此时应立刻将进入相应的捕获中断服务程序将定时器清零. 但是, 如果此时更高级的中断也同时到来 (本实验中是定时器 T0 或 T2 的输出比较中断, 4 个中断的优先级见表 1, 中断向量号靠前的具有更高优先级), 程序将转向更高级的中断服务程序. 在执行完更高级中断服务程序以后, 才响应 T1 或 T3 的捕获中断服务程序, 这就是时

刻 B . 可以看出定时器被推迟了时刻 B 减去时刻 A 的时间才清零. 因此, 在时刻 C 到来的时候, 计数值小于实际应有的计数值, 因此周期偏小, 计算的频率偏大.

表 1 4 个中断优先级列表

中断向量号	中断源	中断定义
10	TIMER2_COMP	定时器计数器 2 比较匹配
12	TIMER1_CAPT	定时器计数器 1 捕获事件
16	TIMER0_COMP	定时器计数器 0 比较匹配
26	TIMER3_CAPT	定时器计数器 3 捕获事件

2 测量方法 2 的思路和流程

第 2 种方法就是针对中断程序的执行被推迟这一点展开的. 如果 2 个更高级的中断非使用不可, 那就不能在 T1 和 T3 的输入捕获中断程序中把相应的定时器清零. 笔者推荐的办法是定时器 T1 和 T3 在初始化以后, 就不要对他们进行操作, 对于其溢出产生的影响, 可以考虑通过在 T1 和 T3 的溢出中断程序中设置溢出标志位的办法来解决.

(1) 由于定时器 T1 和定时器 T3 是同时初始化的(两者分频系数要设置相同), 因此在任何时刻, T1 和 T3 的计数值应该一样.

(2) 以分频系数为 $\nu/16$ 为例, 一个溢出循环间隔时间为 65.535 ms, 因此当频率在 15 Hz 以上时, 一个周波内(小于 65.535 ms)不可能出现 2 次溢出, 同理, 对象侧和系统侧相邻 2 个上升沿之间, T3 定时器也不可能出现 2 次溢出(因为 2 个上升沿的间隔时间必须小于对象侧的一个周波, 否则不是系统侧和对象侧相邻的 2 个上升沿).

依据以上 2 点可以得到方法 2 中的 T1 和 T3 的输入捕获中断程序的流程图. 在图 6 中, Flag_ov1 是溢出标志位(如果发生了溢出, 则 T1 的溢出中断程序会将该标志位置位), prek1 保存的是上一次系统侧上升沿到来时计数器 T1 的值. 如果溢出发生, 那么前后 2 次计数值相减计算周期 T 时必须加上 $0x10000$. 在图 7 中, Flag_ov3 仍然是溢出标志位, prek3 是上一次对象侧上升沿到来时计数器 T3 的计数值. 在求实测角差时间 t_w 时, 变量 prek1 再次被使用. 这个原因就是上面注意的第(2)点: 在系统侧上升沿到来的瞬间, T1 和 T3 的计数值应该相同, 因此 T1 的计数值如果为 prek1, 那么 T3 在该瞬间的计数值也为 prek1. 这样在对象侧上升沿到来时, T3 计数值 k 减去 prek1 则为角差实测时间, 当然如果系统侧和对象侧 2 个相邻上升沿之间 T3 发生了溢出, 即 $k < prek1$, 则计算角差实测时间的时候同样要加上 $0x10000$. 方法 2 的实现是完全依赖硬件, 软件没有对计数器进行操作, 因此频率测量准确性大幅度提高, 满足了运行要求.

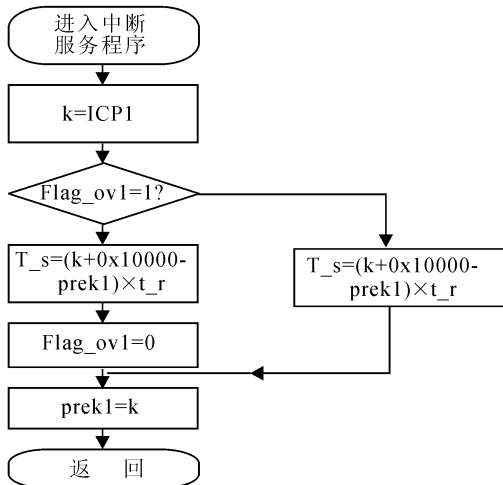


图 6 方法 2 中 T1 输入捕获中断程序

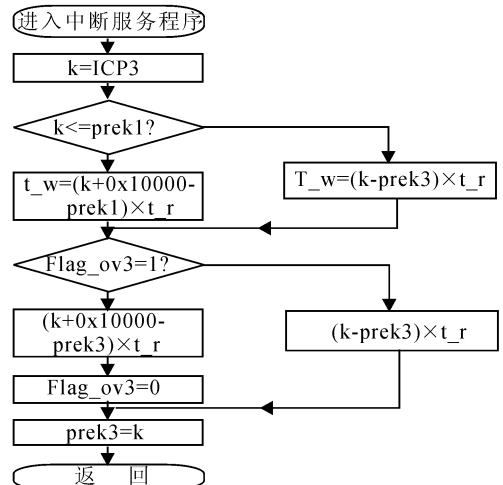


图 7 方法 2 中 T3 输入捕获中断程序

3 结论

在准同期装置的研发当中, 频率测量是相当重要的环节, 笔者介绍了 2 种测量方法, 并阐述了第 1 种的不足之处, 实践证明, 第 2 种方法精度高, 有一定参考价值.

参考文献:

- [1] 马 潮. 高档 8 位单片机 ATMEGA128 原理与开发应用指南(上) [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [2] 张 瑛, 牟龙华, 刘 军. 电力系统频率测量及跟踪 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, (3): 35- 36.

(下转第 88 页)

坚硬顶板对冲击矿压发生的影响

姚精明¹, 何富连¹, 窦林名², 李哲¹, 张波¹

(1. 北京科技大学金属矿山高效开采教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 中国矿业大学能源学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 通过理论分析、现场实测和冲击矿压现象分析, 说明了顶板坚硬岩层产生的静压和突然运动、破断均可使煤体内部裂纹不稳定扩展而容易发生冲击矿压。

关键词: 冲击矿压; 坚硬顶板; 裂纹; 失稳扩展

中图分类号: TD327.2

文献标识码: A

(责任编辑 向阳洁)

(上接第 78 页)

An Research of Methods of Frequency Measure in Automatic Synchronism Equipment Based on AVR Single-Chip Processor

PENG Dae-lin

(Science College of Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Frequency measure is very important in the design of automatic synchronism equipment. The reason lies in the fact that it exerts a direct influence on the accuracy of the voltage difference, phase difference and the quality of cutting-in operations. Taking the ATMEGA128 single-chip processor for example, according to author's experience, two methods of measure are proposed in this article, which would be significant for engineering applications.

Key words: input capture; overflow; interrupt

(责任编辑 陈炳权)