

# 单片机测速仪的设计和研制

梁天德 黄传明

(电子工程系)

**摘要** 本文介绍用测周法设计和研制出单片机测速仪的方法. 该测速仪具有硬件电路简单, 测速范围、测量精度及分辨力均高于目前转速表等优点. 样机的试运行表明, 这种测速装置已达实用阶段, 具有推广价值.

**关键词** 单片机, 转速表, 测周法, 测量精度

## 0 引言

转速是描述各种旋转机械技术性能的一个重要参量. 飞机、汽车、电机等动力设备的研究、制造和使用等方面, 都与转速的测量有着密切的关系. 目前使用的转速表, 如离心式、定时式、磁电式和电子计数式等型号, 已远远不能满足自动化生产、自动控制等对测速提出的越来越高的要求. 福州、厦门等地从国外引进的塑料加工生产线上的数字转速表, 由于外商不提供任何资料, 特别传感器部分, 因而维修十分困难. 为给这类生产线提供合格的维修备件并使之国产化, 我们研制一种既适用此类生产线又具有更广泛用途的智能测速仪.

## 1 单片机测速的基本方法——测周法

计数式测速装置测速的基本方法, 是将转速转换成电脉冲信号, 测出该脉冲的频率或周期, 再换算成每分钟转速, 即所谓的测频法和测周法. 由于这两种方法都存在 $\pm 1$ 脉冲的计数误差, 为了提高测量精度, 测量低频脉冲信号时采用测周法, 测量高频脉冲信号时采用测频法. 预定的测速范围为每分钟几转到十几万转, 在如此宽的测速范围内, 怎样保证测速仪都有很高的测量精度是确定测量方法的主要依据. 为此, 我们研究了测周法的误差, 及其在宽测量范围内保证高精度和自动转换量程的具体方法.

由测量周期的方法和原理可知, 被测周期为  $T = N\tau_0$ . 式中,  $T$  为被测周期;  $N$  为计数器示值;  $\tau_0$  为时标信号周期. 将上式两边取对数并求微分, 即得测量周期的相对误差为  $dT/T = (dN/$

• 本文 1990-11-14 收到.

$N) + (d\tau_0/\tau_0)$ , 考虑最大误差情况, 则应有

$$\left(\frac{dT}{T}\right)_{\max} = \pm \left( \left| \frac{dN}{N} \right| + \left| \frac{d\tau_0}{\tau_0} \right| \right). \quad (1)$$

式(1)中  $dN$  为量化误差,  $dN = \pm 1$ , 显然  $N$  越大  $dN/N$  就越小. 这一方面可通过选取较小的  $\tau_0$  值来达到目的, 因为  $N = T/\tau_0$ , 另一方面可将被测周期加以倍乘扩展. 若以  $m$  表示倍乘数, 则  $dN/N = \pm (\tau_0/mT)$ . 式(1)中的第二项  $d\tau_0/\tau_0$  主要取决于产生时标信号的晶振的稳定度  $G$ , 故测量周期的误差可写成

$$\frac{dT}{T} = \pm \left( \frac{\tau_0}{mT} + |G| \right). \quad (2)$$

以上是在被测波形为方波且无噪声干扰的情况下获得的. 若被测信号为非矩形波, 或测量时存在噪声干扰, 则式(2)中还要叠加一项误差——触发误差. 触发误差取决于硬件电路的稳定性和抗干扰能力. 触发误差的相对值可由实验得到. 采用周期倍乘法也可以减小触发误差, 若倍乘数为  $m$ , 则触发误差将减小  $m$  倍. 由此可知测量周期的误差应由以下三项组成. 即

$$\left(\frac{\Delta T}{T}\right)_{\max} = \pm \left( |G| + \frac{\tau_0}{mT} + \frac{|\text{触发误差}|}{m} \right). \quad (3)$$

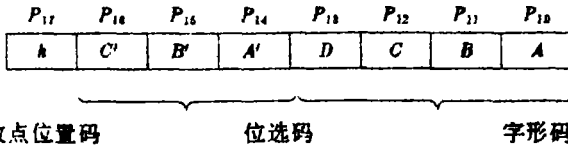
以上分析及式(3), 为我们采用测周法在极宽的测量范围内保证高的测量精度指明方向, 也是微机采用测周法测速装置设计硬、软件系统的基础.

根据以上论述及所得到的式(3), 我们采用三种办法来保证测量精度. (1)单片机的晶振采用稳定度为  $1.66 \times 10^{-5}$  的晶体, 微调振荡器的频率使其保证达到  $G = 1.68 \times 10^{-5}$ ; (2)设定单片机定时器的时间常数, 取时标信号的周期  $\tau_0 = 80\mu\text{s}$ . 将整个测量范围分成 12 个区间(即量程), 除第一个量程外的其余量程均采用周期倍乘法测量转速, 倍乘数  $m$  的选取随量程的增大而增加(表 1). 为了保证测量精度, 还规定一个最短测量时间, 即最短取样时间  $(mT)_{\min} = 983.04\text{ms}$ . 当单片机进入某一量程测得  $mT$  后, 还要检查  $mT \geq (mT)_{\min}$  否? 若  $mT$  小于最短测量时间, 单片机就自动进入下一个量程的测量, 即增加周期倍乘数  $m$ , 这样就可保证整个是程范围的计数误差小于  $\frac{\tau_0}{(mT)_{\min}} = 8.14 \times 10^{-5}$ . 这也是单片机自动转换量程的方法. (3)采用高灵敏度的 HST 02-3A 转速传感器, 使输入信号为矩形波. 采用光电耦合器抗干扰等有效措施, 使硬件电路有很强抗干扰能力和很高的触发稳定性, 从而使  $|\text{触发误差}|/m$  减小到最小程度.

表 1 测速范围与计算数据的关系

量 程 代 号	测速范围	周期倍乘数 $m$ (中断次数)	小数点 偏移量	每分钟转速 计算系数 $z$
INT0	11.44-61.03	1	00	00750000
INT1	61.03-122.0	2	00	01500000
INT2	122.0-244.1	4	00	03000000
INT3	244.1-488.3	8	00	06000000
INT4	488.3-976.6	16	00	12000000
INT5	976.6-1562	32	00	24000000
INT6	1563-3906	64	00	48000000
INT7	3906-7813	128	00	96000000





2.3 信号输入电路 由光电耦合器 4N25、三极管 9013 和双 D 触发器 74LS74 组成。4N25 有很强的抗干扰能力, 9013 将 4N25 的输出信号进行反相放大, 以便光电耦合器的输出信号能准确及时地触发 74LS74。为了防止一次中断引起的多次响应, 8039 的  $P_{25}$  端口在响应中断后立即送出一个低电平信号, 使 74LS74 恢复高电平。

2.4 传感器的选用 传感器的选择十分重要, 为了保证万分之一的测量精度, 触发误差要尽可能地小, 选用 HST02-3A 霍尔集成传感器, 示波器显示出的波形已是矩形波, 故可省掉司密特触发器。而司密特电路是产生触发误差的主要因素, 省掉它可提高测量精度, 实验证明这个方案是可取的、有效的。

### 3 软件

为了实现上述设想, 我们设计了软件并编出了相应的程序。整个软件由初始化程序、显示程序、数据处理程序、溢出处理程序和中断服务子程序等组成。图 2 为软件总框图。由图 2 可见, 当上电或按 RESET 键后, 首先进入初始化程序。

3.1 初始化程序 它完成显示缓冲区清零, 所选用的工作寄存器和 RAM 工作单元置初值, 必要的 I/O 端口置初值等工作。初始化程序较简单, 框图略。完成初始化后, 程序进入显示程序。

3.2 显示程序 该程序的主要功能是将显示缓冲区 (30H-34H) 中的内容送到  $P_1$  口, 以便实现动态扫描显示。(30H) 存放小数点位置码, (32H-34H) 存放 6 位 BCD 显示码。扫描时, 由右向左扫, 每扫一位均要测试小数点位置, 若小数点在当前位, 则点亮该位小

数点的发光管, 否则不点亮。每位显示 1.8ms, 动态扫描一遍约需 11ms。由图 2 可知, 在无 INT 信号时, 整个程序在重复显示、检测溢出和允许数据处理标志、再显示的循环中, 等待 INT 信号的到来。在有 INT 信号时, 8039 响应中断服务子程序, 再返回主程序。只有在响应中断后, 才有可能出现上、下溢出或允许数据处理标志置位等情况。当 8039 检测到上述标志后, 即转相应的处理程序, 完成后再返回显示程序。

3.3 中断服务子程序 图 3 为中断服务子程序的框图, 中断服务子程序是本测速仪软件中的

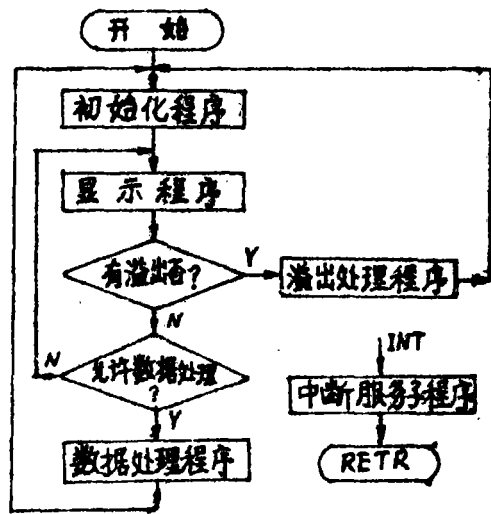


图 2 软件总框图

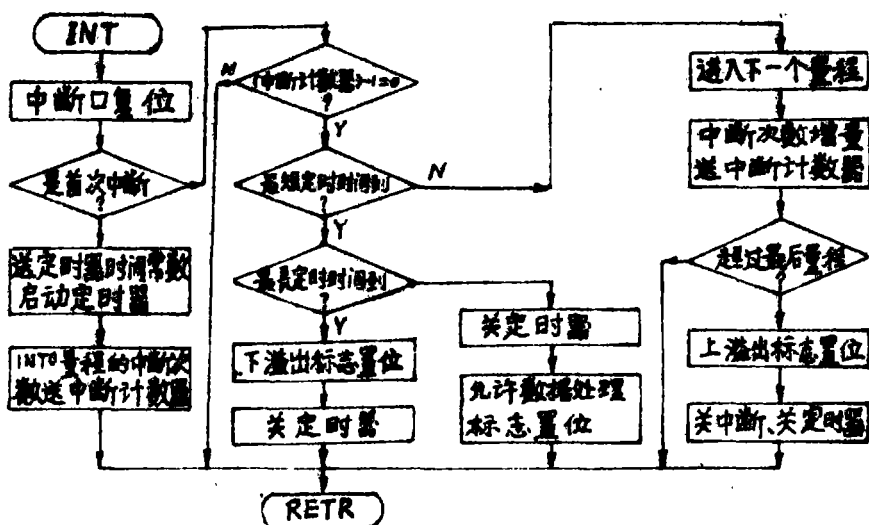


图 3 中断服务子程序

关键程序,它的任务有以下四点。(1)在首次中断时启动定时器,以便对定时器的定时值,即时标信号进行检测和计数。这一工作由定时器检测计数子程序来完成。(2)检测某一量程预定的中断次数(即周期倍乘数,见表1)已至否?若已到则再查所用时间有无超过规定的最短定时值,即  $mT > (mT)_{\min}$ ?,由此决定允许数据处理标志是否置位。(3)进行量程的自动切换。若查到  $mT < (mT)_{\min}$ ,则自动进入下一个量程。(4)检查所测得的转速是否低于规定的最低转速(本机为 11.44r/min)或高于规定的转速(本机为 125000r/min)如有以上情况则置上、下溢出标志,否则置允许数据处理标志,并停止定时器,以便主程序进行相应的处理。

3.4 定时器检测计数器程序 图 4 为定时器检测子程序的框图。它的主要任务是对定时器的溢出进行计数,并对溢出次数进行检测,当检测到溢出次数所表示的时间等于最短定时时间时(规定为 0.983s),就将标志位  $F_1$  置 1。当检测至溢出次数所对应的时间等于最长测量时间时(本方案规定为 5.243s),就将超低限标志置位。

3.5 数据处理程序 数据处理程序框图如图 5 所示. 它的主要任务是将某一量程中断次数所对应的定时器的定时值转换成每分钟转速. 转换公式为  $n=60/T=n_z/(定时器计数值)$  式中,  $n$  为每分钟转速,  $T$  为被测脉冲周期,  $n_z$  为转速计算系数. 转速计算系数  $n_z$  的值由晶振的频率  $f_c$  和中断次数  $m$  决定,  $n_z$

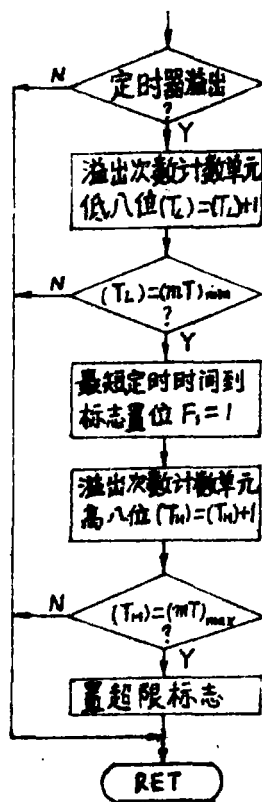


图 4 定时器检测计数程序

$= (60 \times f_s \times m_s) / (15 \times 32)$ , 当  $f_s = 6\text{M HZ}$  时, 每个量程的  $z_i$  值见表 1 所示. 数据处理程序首先根据中断阶梯数, 即表 1 中的量程编号, 查出  $z_i$  值和数据的小数点值,  $z_i$  作为被除数; 其次将二进制的定时值转换成 BCD 码作为除数. 然后进行 8 位浮点的 BCD 码除法运算, 并将结果送显示单元.

### 3.6 溢出处理程序

如图 6 所示, 该程序较简单, 当程序进入该程序段时, 将相应的溢出符号送入显示缓冲区, 让测速仪的数码管上能够显示出相应的符号.

## 4 样机的试验及试运行情况

按上述方案研制的样机, 通过实验室条件下的测速范围、分辨力的测试, 测量精度的初测及电源波动 ( $\pm 10\%$  能否正常工作) 等实验, 随后又经过 24 小时连续通电的实验均得到十分满意的结果. 通过以上实验后, 我们即将样机送晋江日用塑料厂, 在其西德引进的 7222 型塑料拉丝生产线上试运行, 样机已正常工作了近半年时间. 厂方十分满意, 并写出了运行情况报告. 报告说明此样机的精度、分辨力等均高于西德的转速表,

在车间恶劣条件下, 能长期连续工作. 还准备在其塑料加工合作网内推广应用. 在此基础上我们同校测试中心对另一样机进行了严格的测量范围、时基准确度稳定度及测量值的误差等实验和论证. 校测试中心出具了试验报告, 试验报告说明样机的测量范围、测量精度均高于目前

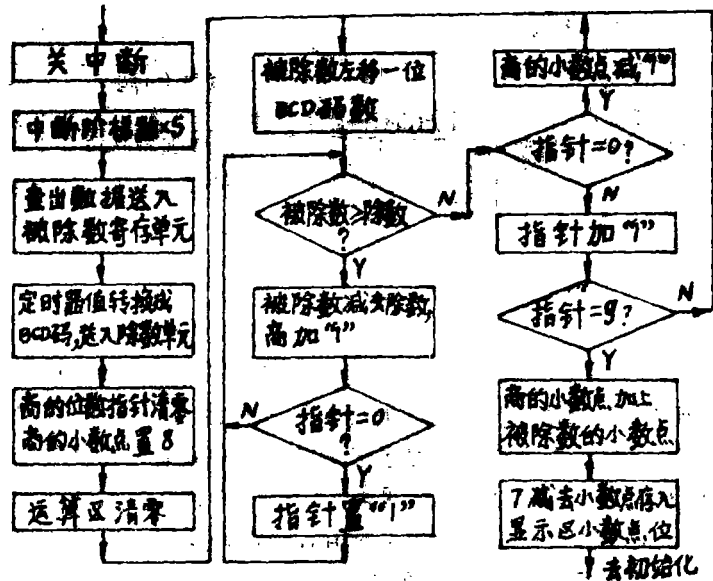


图5 数据处理程序

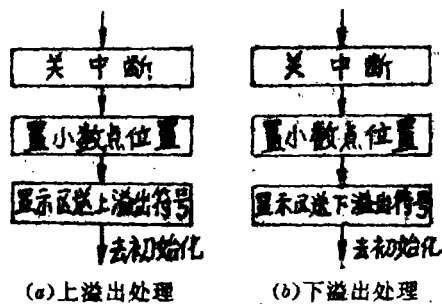


图6 溢出处理程序框图

所有的测速仪表。

最后,按上述方案设计和研制的单片机测速仪,可达到以下技术指标:(a)测量范围:12—12000r/min;(b)晶振误差:石英晶体振荡器频率稳定度为 $\leq 1 \times 10^{-5}$ ;(c)最短取样时间:0.983s;(d)测量误差: $< 0.01\%$ ;(e)显示方式:六位LED数码管小数点浮动显示;(f)采样方式:自动连续采样;(g)电源:交流220V $\pm 10\%$ ,直流7—12V,电源最大功耗 $\leq 2.5$ W;(h)工作条件:环境温度0—40℃,相对湿度 $\leq 85\%$ ;(i)连续使用时间:长期。

## 5 结束语

用8039单片机研制智能测速仪,是我们应用单片机的一次成功的尝试。研制的测速仪具有电路简单、成本低、体积小、性能优于目前所有的转速表等优点。样机可供实用,并正在引进的生产线上发挥作用,是一种很有前途的智能化测速仪表,很值得推广应用。稍感不足的是最短取样时间长了一些,尤其在测量高转速时所测得的转速值过于平均化,掩盖了转速瞬时变化的情况。但这在一般的转速测量时已能满足需要,而真正的瞬态转速的测量和记录,例如旋转电机的瞬态转速的测量和记录,仅在电机暂态过程的研究中用到。这是电机技术研究中的一个重要课题,也是一个难度较大的课题。这已不是本文讨论的内容。

本课题曾作为毕业设计的一个课题,黄书明等同学作了不少有益的工作。晋江日用塑料厂的严大练工程师参加了样机的安装和测试工作。对他们的工作我们深表谢意。

## 参 考 文 献

- [1] 徐爱卿等,单片微型计算机及其应用,北京航空学院出版社,(1986)。
- [2] 李树人等,转速测量技术,中国计量出版社,(1986)。
- [3] 姚志石,单片机实用子程序,复旦大学出版社,(1987)。
- [4] 杨吉祥,智能仪器,南京工学院出版社,(1986)。
- [5] 徐时亮,单片机软件设计技术,科学技术文献出版社重庆分社,(1988)。

## The Design and Development of a Single-Chip Micro Computer-Operated Tachometer

Liang Tiande      Huang Quanming

(Department of Electronic Engineering)

**Abstract** The authors put forward a single-chip microcomputer-operated tachometer designed by the method of measuring the cycles. The tachometer so designed and developed excels in its simple hardware circuit, wide range tachometric survey, high rate accuracy, and high resolution power as compared with conventional tachometers. It is indicated by test operation of the prototype that this tachometer has come up to be put into service and is worthy of dissemination.

**Key words** single-chip microcomputer, tachometer, method of measuring the cycles, rate accuracy