

## 基于霍尔传感器的高精度测速电路设计方案

设计宽范围高精度测速电路；通过对三种常用转速测量方法的分析比较。确定采用 M 法与 M/T 法相结合的方法测速，从理论上保证测速的宽范围和高精度；电路设计中为了简单，快速，准确的测速，两种测速方法之间采用硬件切换电路完成。克服了软件切换因工作量大而导致的实时控制变差的缺陷；采用片外计数器 8253 弥补了 8051 硬件资源短缺的不足，利用霍尔元件完成转速到旋转脉冲的转换。实现了低成本，高性能。

### 0 引言

在高铁，地铁蓬勃发展的今天，为保证列车安全运行，对列车的运行控制提出了更高的要求。要想安全的控制高速运行的列车，必需精准的检测列车运行的实时速度。

### 1 测速方法的比较

检测列车运行速度可采取多种方法。其中轮轴转速的检测是检测列车运行速度最常用的方法之一。对旋转装置转速的检测，可采用脉冲计数法。脉冲计数法只要轮轴转动一周，就能产生一个或多个固定脉冲。将旋转脉冲送入微处理器计数，结合软件的运算处理，便可测得转速信息。

脉冲计数法的关键是如何精确的对脉冲计数。常用的方法有 3 种，分别为 M 法，T 法和 M/T 法。

#### 1.1 M 法测速

M 法即测频率法。M 法是在规定的时间 T 内检测旋转脉冲的个数 M1 来间接的测量转速 p 胡，如图 1 (a) 所示，转速 N 的计算公式为：

$$N = \frac{60M_1}{nT}$$

式中 n 为轮轴每转动一周产生的脉冲个数。

该计数法的检测时间为定值 T. 由于检测起止时间的随机性，会导致极端情况下产生 ±1 个旋转脉冲的误差，因此，在转速较高或转动一周产生的旋转脉冲个数较多的情况下。测量精度较高。故 M 法适用于检测高速旋转的被测对象。

#### 1.2 T 法测速

T 法即测周期法。T 法是测量相邻两个旋转脉冲之间的时间间隔即旋转脉冲的周期，经 T 法计算间接测得速度的喇。

通常做法是在旋转脉冲的一个周期对已知的高频时基脉冲计数，如图 1 (b) 所示，然后通过式 (2) 计算可得到被测对象的旋转速度  $\omega$ 。

$$N = \frac{60 f}{n M_2} \quad (2)$$

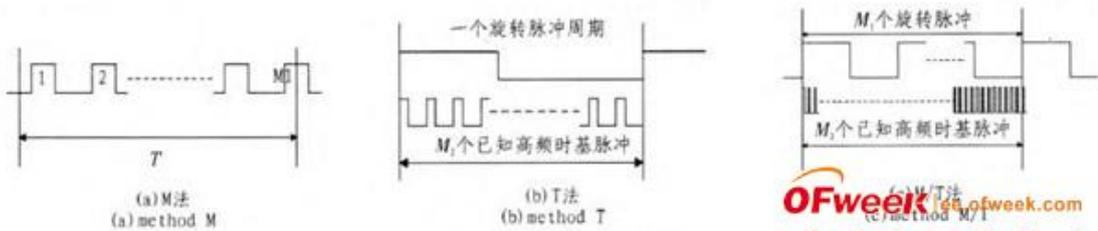


图 1 不同测速法示意图  
Fig. 1 Schematic plot of different measuring velocity

式 (2) 中,  $N$ , 为被测对象的转速,  $n$  为轮轴每转动一周产生的脉冲个数。 $f$  为已知高频脉冲的频率,  $M_2$  为在一个旋转脉冲周期内包含的高频时基脉冲的个数。

T 法测速是在一个旋转脉冲周期内对已知的高频时基脉冲计数, 在极端情况下也会产生  $\pm 1$  个高频时基脉冲的误差。

用 T 法测速, 转速越高, 测量误差越大, 因此, T 法适用于低速检测。

### 1.3 M/T 法

M/T 法即在检测时间  $T$  内, 既测量旋转脉冲的个数  $M_1$ , 又测量已知高频时基脉冲的个数  $M_2$ , 然后通过式 (3) 计算出被测对象的转速  $\omega$ 。

$$N = \frac{60 f M_1}{n M_2}$$

M/T 法是 M 法和 T 法的结合。在测速过程中由于周时对旋转脉冲和高频时基脉冲两种脉冲计数。只要“同时性”处理得当。无论在高速还是低速检测中都有较高的检测精度, 但该方法存在一个检测时间  $T$  的合理选择问题。如果检测时间  $T$  太小, 会出现低速时将速度误测为 0, 如果  $T$  太大, 则不能快速的测出速度, 影响测速的实时性。

综上所述, M 法适合检测高速旋转的被测对象, T 法则适合检测低速旋转的被测对象。M/T 法集 M 法和 T 法的优点于一身, 理论上测速范围较宽, 但在实际操作中, 检测时间  $T$  的选择是个难点, 检测时间即采样周期  $T$  选择, 直接影响测

速的精度。因此要在宽范围内可靠且精确的测速，避免低速误测为 0，可将 T 法和 M/T 法相结合，即在低速时采用 T 法测速。而在中速和高速时采用 M/T 测速。

## 2 测速模块设计

### 2.1 模块组成

基于霍尔传感器的高精度、宽范围测速模块如图 2 所示。测速传感器选择霍尔元件。霍尔元件因具有尺寸小，质量轻，无触点，外围电路简单，频响宽，动态性能好，寿命长，调试方便等诸多优点，故选用霍尔元件将轮轴转速转化成一系列的旋转脉冲信号，转速与旋转脉冲信号的个数成正比。

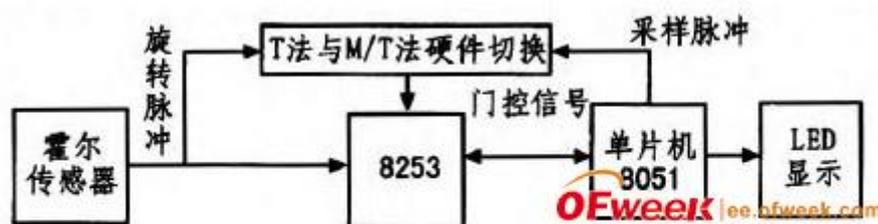


图 2 测速模块 **电子工程网**

Fig. 2 Modules of measuring velocity

通过对不同的转速脉冲测量方法的比较。确定采用 T 法与 M/T 相结合的测速方法。以确保宽范围的高精度测速。T 法与 M/T 法的切换是通过硬件切换电路完成的，硬件切换电路在单片机产生的采样脉冲和霍尔元件产生的旋转脉冲共同作用下，产生用于控制 8253 中计数器的门控信号。保证中高速时采用 M/T 法测速，低速时采用 T 法测速圈。

该测速系统需一个定时器产生采样脉冲和高频时基脉冲，需两个计数器分别对高频时基脉冲和旋转脉冲计数。而 8051 中只有两个定时，计数器，所以本系统扩展了一片 8253 计数芯片，8051 的 To 用作定时器，结合循环子程序产生采样脉冲和高频时基脉冲，而 8253 在 8051 和硬件切换电路的控制下分别由其 0, 1 两个计数器完成对高频时基脉冲和旋转脉冲的计数功能。

### 2.2 硬件设计

#### 1) 霍尔开关电路

A44E 属开关型霍尔元件，其工作电压为 4.5~18 V，其输出信号符合 7 兀 L 电平标准，最高测速频率达 1 MHz。A44E 有 3 个引脚，第 1 引脚接电源，第 2 引脚为接地引脚，第 3 引脚为输出引脚，霍尔测试电路如图 3 所示。其 3 引脚输出的旋转脉冲分别送至硬件切换电路和 8253 的计数器 1 的时钟的计数器门控信号和计数器 1 的时钟信号。

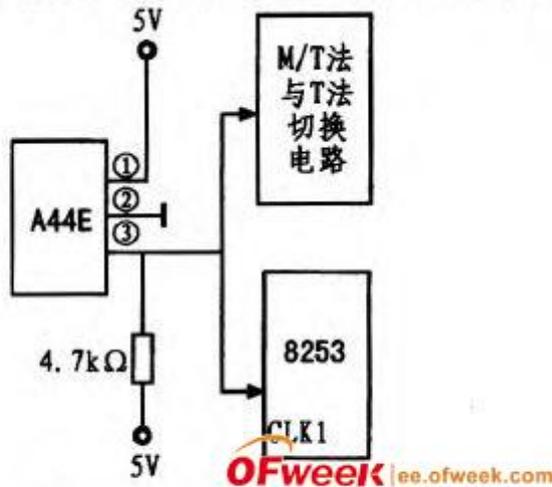


图3 霍尔检测电路  
Fig. 3 Detection circuit of Hall sensor

### 2) 硬件切换电路

硬件切换电路的功能是完成两种测量方法之间的自动切换。硬件切换电路的控制关系如图4所示，具体的硬件电路详见参考文献5。在输出采样脉冲的P1.0输出高电平。且有旋转脉冲的上升沿到来，硬件切换电路输出高电平，控制8253的0,1两个计数器的门控端，启动计数器开始计数；当P1.0输出低电平，且有旋转脉冲的上升沿来时，切换电路输出低电平，8253的门控信号无效，停止计数，同时硬件切换电路产生中断请求信号，8051收到中断请求后，读取8253中两个计数器的计数结果，并利用式(3)计算出转速。该电路能保证在低速时测得一个完整的旋转脉冲及这个旋转脉冲周期内的高频时基脉冲个数，8051依然用公式(3)计算速度，只是此时 $n=1$ ，式(3)与式(2)完全相同，采用的是T法测量转速。

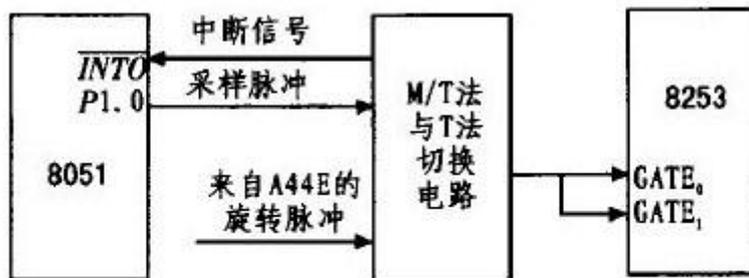


图4 切换电路  
Fig. 4 Switching circuit

### 3) 8051对8253的控制

8051 对 8253 的控制如图 5 所示。8051 的 T0 作定时器，在 I/O 口 P1.1 输出高频时钟脉冲送给 8253 的计数器 0 作为时钟信号；T0 和循环子程序结合，在 I/O 口 P1.0 输出采样脉冲，送至切换电路，和旋转脉冲共同控制硬件切换电路产生门控信号启动或停止 8253 的 0, 1 两个计数器：8051 的 TD 控制 8253 的 TJD, TD 为低电平时。8051 读取 8253 两个计数器的计数结果，8051 的 i 隋控制 8253 的丽，i 面为低电平时，8051 将数值写入 8253 的计数器中；用 I/O 口 P2.7。

P2.6 控制 8253 的端口控制选择信号 A1A0, 控制对 8253 中 0, 1, 3 三个计数器和控制字寄存器的读写操作, 该设计中仅用 8253 的 0, 1 两个计数器。当 A1A0=00, 在读写信号控制下对 8253 的计数器 0 进行读写操作, A1A0=01, 在读写信号控制下对 8253 的计数器 1 进行读写操作；P2.0 控制 8253 的片选端 CS。

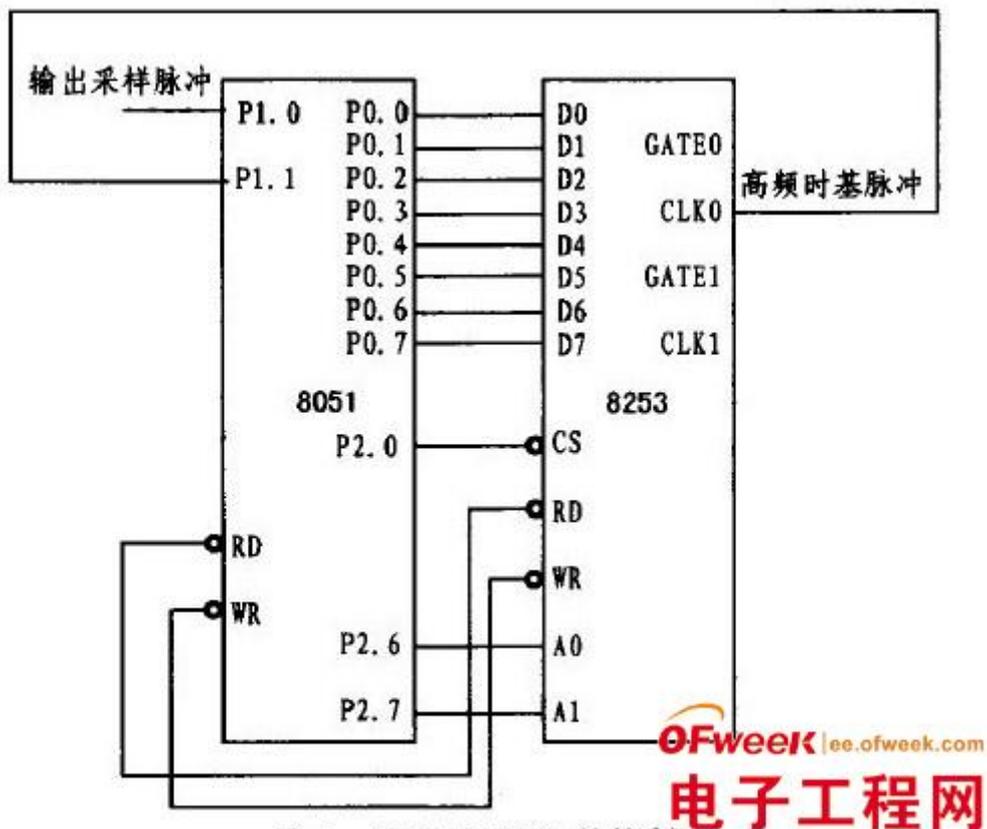


图 5 8051 对 8253 的控制  
Fig. 5 Control of 8051 on 8253

### 2.3 软件设计

基于 8051 的片外计数的转速测量流程如图 6 所示。

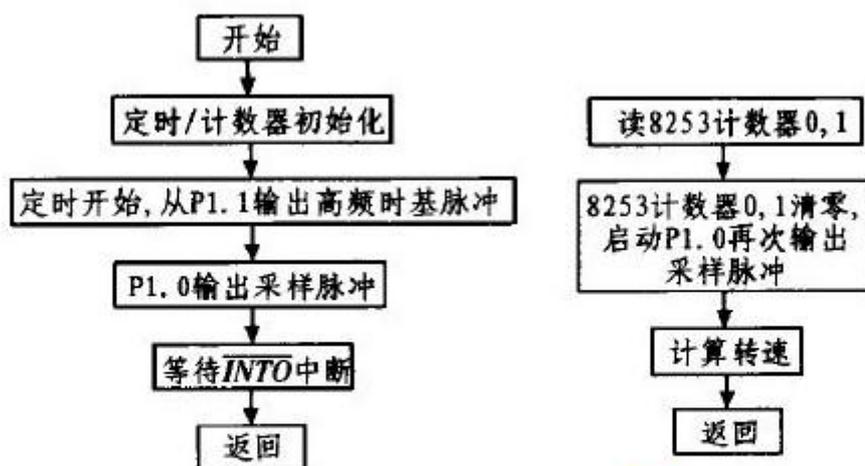


图6 流程图  
Fig. 6 Flow chart

### 3 结论

本文所设计的测速系统由于采用了T法和M/T法两种测速方法的结合,避免了M/T法中因测量时间T选择不当引起的低速误测为0或实时性差的问题,从方法上保证宽范围精确测速。测速方法的切换采用了硬件切换。克服了软件切换因软件工作量大而导致的实时控制变差的缺陷。采用霍尔传感器产生旋转脉冲,具有低成本,高性能,抗干扰能力强等优点。