

2019--2020 学年

第二学期

# 实 验 报 告 书

课程名称 智能传感技术

学院名称 智能装备学院

专业班级 电科 17-2

学 号 201723010237

姓 名 张厚今

山 东 科 技 大 学

实验名称	实验一 速度传感器实验		
姓 名	张厚今	组别	
同组实验者			
指导教师	徐文正	实验日期	2020.05.21
指导教师评语	<div> <div></div> <div> <div></div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div> </div> <div> <div></div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>		
实验成绩			

# 山东科技大学实验报告书

## 实验一 速度传感器实验

### 一、实验目的

掌握速度传感器的静态特性计算方法，学会计算传感器的静态特性，掌握绘制速度传感器的使用电路图、PCB 图和使用方法。

### 二、实验要求

根据要求举例计算出速度传感器的静态特性，绘制速度传感器的电路图、PCB 图和使用步骤。

### 三、实验步骤

#### 3.1 速度传感器原理

速度传感器分为光学和电感两种运行方式。光学传感器通常用于离线测量，需要在轴上有一个反射标记，传感器通过记录反射标记该单位时间内的次数计算出速度。电感式传感器记录通过的金属物体或是联轴器的螺钉。光学和电感两种方式的检测效果如下图 3.1 和图 3.2 所示。

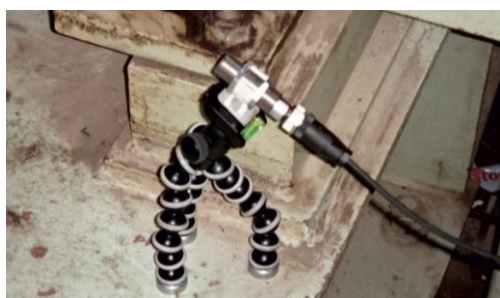


图 3.1 光学式速度测量



图 3.2 电感式速度测量

通常，人们使用传动的高速轴进行速度检测。在大多数情况下，每转一个脉冲的速度检测就够了。因此，旋转轴上的一个测量点就足够。

#### 3.2 速度传感器类型

常见的速度传感器分为光电转速传感器、磁电转速传感器、霍尔转速传感器、电涡流转速传感器、巨磁阻转速传感器等。光学传感器普遍采用激光测距原理，计算该距离所消耗的时间差，从而得出物体速度。霍尔式速度传感器利用霍尔原理，在转动轴处添加磁铁，当霍尔传感器靠近磁铁时，霍尔元件的输出发生改变。

##### 3.2.1 光学速度传感器

激光测速仪是采用激光测距的原理。激光测距（即电磁波，其速度为 30 万

# 山东科技大学实验报告书

公里/秒)，是通过对被测物体发射激光光束，并接收该激光光束的反射波，记录该时间差，来确定被测物体与测试点的距离。激光测速是对被测物体进行两次有特定时间间隔的激光测距，取得在该时段内被测物体的移动距离，从而得到该被测物体的移动速度。光学测速仪原理如下图 3.3 所示。

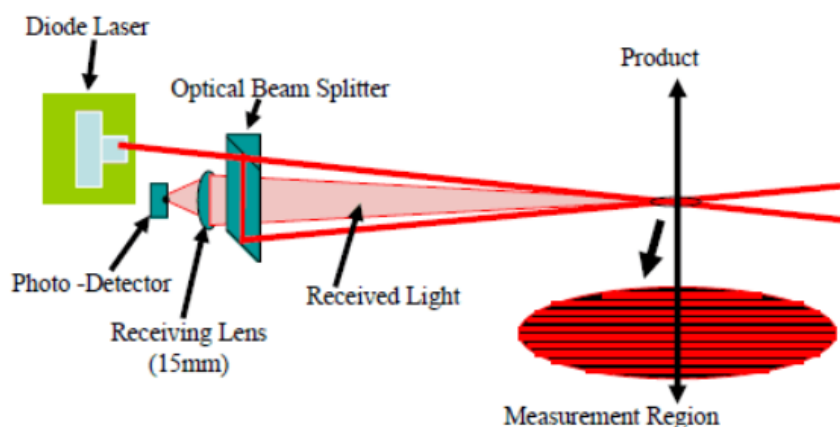


图 3.3 光学测速原理

具体来说，两束在调制频率上有细微差别的激光以一定夹角( $\alpha$ )照射在以速度 $V_p$ 移动的目标表面(垂直于测速仪的光学轴线)，形成干涉条纹(条纹间距 $\Delta S$ )，并被目标散射回去，光电探测器(沿测速仪光学轴线)获取的调制信号中包含多普勒频率( $F_d$ )成分。通过分析信号(基于外差探测)的多普勒频移计算出物体的移动速度：

$$V_p = \lambda / (2 \times \sin(\frac{\alpha}{2})) \times F_d$$

同时，长度也可以通过对速度的精确积分而计算得到：

$$L_p = \int V_p dt$$

激光对目标发射一个光束,目标反射光波回到侦测器，得出光波往返所用时间,即可换算成距离。雷射测速就是从激光束射出至结束的时间(连续测距)加上目标的移动距离换算出速度，也就是测打出去后到反射回来的时间差，因为光速是一定的,就可以算出移动的速度。

## 3.2.2 霍尔式速度传感器

霍尔传感器是利用霍尔效应与集成电路技术结合而制成的一种磁敏传感器，它能感知一切与磁信息有关的物理量。在金属或半导体薄片的两端通过控制电流，并在薄片的垂直方向施加磁感应强度为应强度为磁场，那么在垂直于电流和磁场

# 山东科技大学实验报告书

方向向上将产生电动势场，也就是霍尔电压。

小磁铁固定在转盘上，转盘与电机轴相连，同步转动，小磁铁通过霍尔传感器时，霍尔传感器产生一个相应的脉冲，计算出两个连续脉冲的间隔时间，就可以计算出被测转速。如下图 3.4 所示。



图 3.4 霍尔速度传感器

当传感器的旋转机构在外驱动作用下旋转时，会带动永久磁铁旋转，穿过霍尔元件的磁场将产生周期性变化，引起霍尔元件输出电压变化，通过后续电路处理形成稳定的脉冲电压信号，作为车速传感器的输出信号。

## 3.2.3 电涡流转速传感器

电涡流测速传感器在速度分析测量中，特别是对非接触的转动、位移信号，能连续准确地采集到振动、转动等轨迹运动的多种参数。电涡流测速传感器具有高线性度、高分辨力地测量金属导体距探头表面距离的能力。它是一种非接触测量工具，能够准确测量被测体（必须是金属导体）与探头端面之间静态和动态的相对位移变化量。测速原理如下图 3.5 所示。

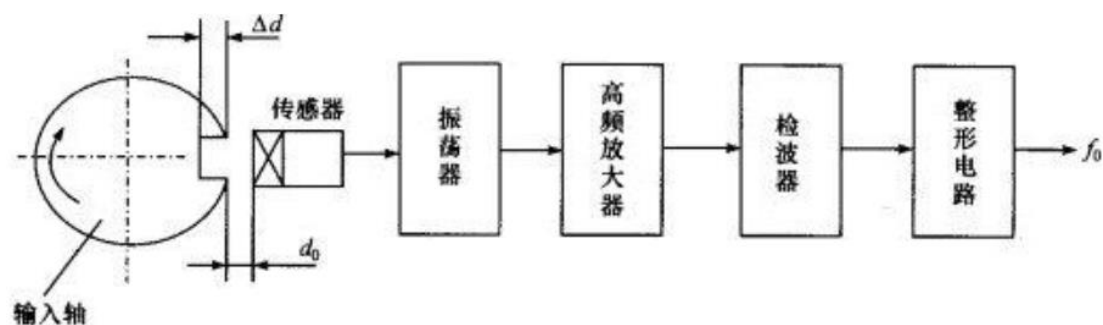


图 3.5 电涡流测速原理

当转轴转动时，输出轴的距离发生  $d_0 + \Delta d$  的变化。由于电涡流效应，这种变化将导致振荡谐振回路的品质因数变化，使传感器线圈电感随  $\Delta d$  的变化也发生变化，它们将直接影响振荡器的电压幅值和振荡频率。

因此，随着输入轴的旋转，从振荡器输出的信号中包含有与转数成正比的脉

# 山东科技大学实验报告书

冲频率信号。该信号由检波器检出电压幅值的变化量，然后经整形电路输出脉冲频率信号 $f_0$ 。该信号经电路处理便可得到被测转速。

## 3.2.4 巨磁阻转速传感器

磁阻效应（GMR）是指导体或半导体在磁场作用下其电阻值发生变化的现象。巨磁阻效应可以用量子力学解释,每一个电子都能够自旋,电子的散射率取决于自旋方向和磁性材料的磁化方向。自旋方向和磁性材料磁化方向相同，则电子散射率就低，穿过磁性层的电子就多，从而呈现低阻抗。反之当自旋方向和磁性材料磁化方向相反时，电子散射率高，因而穿过磁性层的电子较少，此时呈现高阻抗。

巨磁阻转速传感器的另一个应用是用于环形磁铁速度检测应用，如 ABS 或变速箱传感器。如图 3.6 所示，用交替的南北极磁化来形成环形磁性材料。GMR 传感器可以放置在该材料的下面，使芯片平面水平。A 和 C GMR 元件以及 B 和 D GMR 元件之间的间距形成不同的磁场，并由这些元件组根据环形磁体在其旋转周期的位置来感测该磁场。

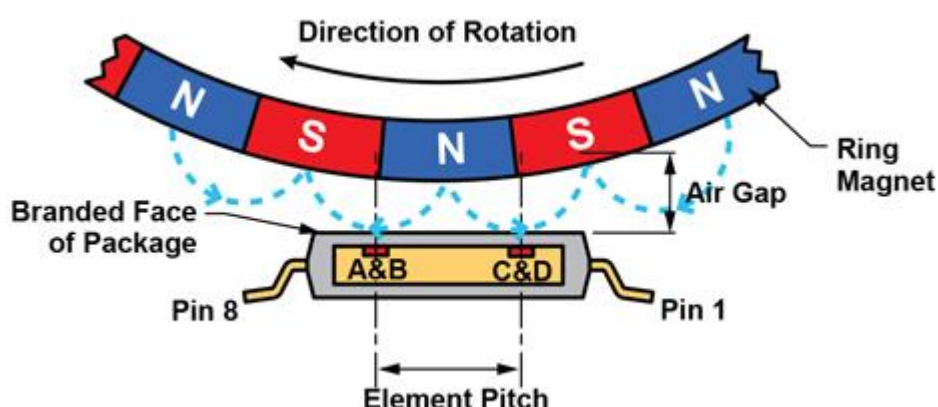


图 3.6 巨磁阻转速传感器

当 N 位于芯片上方中心时，磁场指向元件 A 和 C 上方左侧，以及元件 B 和 D 上方右侧。这将在 GMR 产生响应（如图 3.7 所示）。当在 S 极上方时，响应将是最大负值。当在极点之间时，每个元件的场大致相等，并且桥的响应接近 0。当环形磁体旋转时，这将导致传感器的正弦输出。通过对一定时间内的输出阈值的计数，可以测量环形磁体的速度。与传统霍尔传感器相比，在更大的气隙下能保证高灵敏度和一致性，以及更高的输出重复性，从而保证高精度的速度测量。

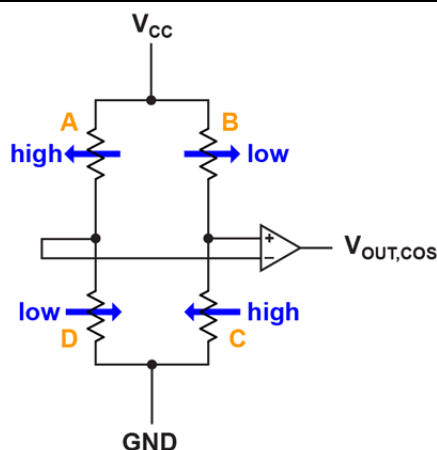


图 3.7 惠斯通电桥

## 3.3 速度传感器选型

速度传感器种类繁多，不同种类速度传感器，其应用场景也有很大差异。比如激光传感器适合测量远距离移动物体的速度，霍尔传感器适合测量低速旋转物体的转速。为了简化实验流程，便于实验测试，本次实验以常见的玩具电机作为测速对象，用 CS3020 设计信号获取电路，通过电压比较器实现计数脉冲的输出，既可在单片机实验箱进行转速测量，也可直接将输出接到频率计或脉冲计数器，得到单位时间内的脉冲数，进行换算即可得电机转速。

## 3.4 传感器参数

霍尔传感器是对磁敏感的传感元件，常用于开关信号采集的有 CS3020、CS3040 等，这种传感器是一个 3 端器件，外形与三极管相似，只要接上电源、地，即可工作。输出通常是集电极开路（OC）门输出，工作电压范围宽，使用非常方便。如下图 3.8 所示是 CS3020 的外形图，将有字面对准自己，三根引脚从左向右分别是 VCC，地和输出。

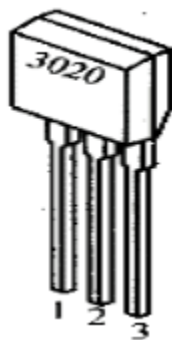


图 3.8 CS3020 原理图



# 山东科技大学实验报告书

## 3.4.1 外观及封装

CS3013、3020、3040 是由电压调整器，霍尔电压发生器，差分放大器，史密特触发器和集电极开路的输出级组成的磁敏传感电路，其输入为磁感应强度，输出是一个数字电压讯号。它是一种单磁极工作的磁敏电路，适合于矩形或者柱形磁体下工作。其封装形式如下图 3.9 所示。

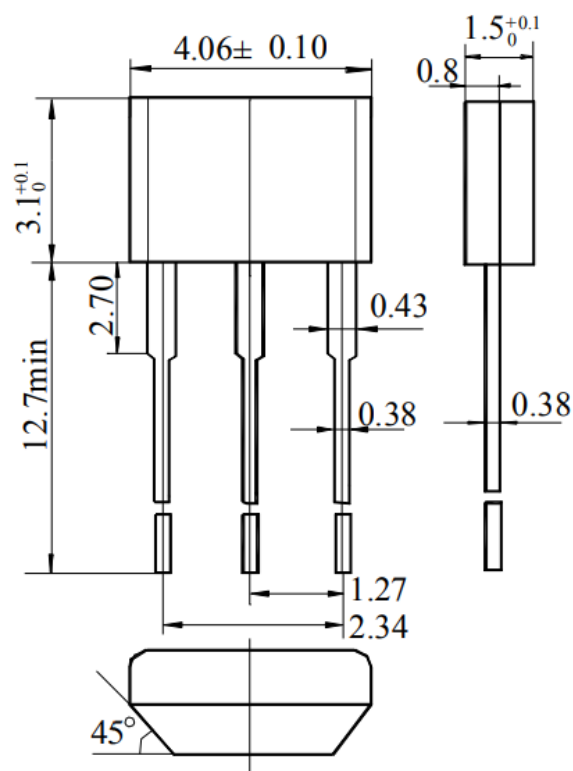


图 3.9 原件封装

如下图 3.10 所示为 CS3020 霍尔磁性开关的应用-电机转速测量 M7 模块。

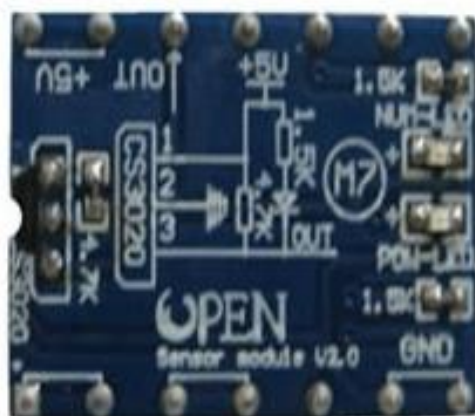


图 3.10 M7 模块



# 山东科技大学实验报告书

## 3.4.2 电磁特性

标准条件下 CS3020 原件的测试数据如下表所示。

参 数	符号	测 试 条 件	型 号 及 量 值									单位
			CS3013			CS3020			CS3040			
			最小	典型	最大	最小	典型	最大	最小	典型	最大	
电源电压	V <sub>CC</sub>	V <sub>cc</sub> =4.5~24	4.5	-	24	4.5	-	24	4.5	-	24	V
输出低电平电压	V <sub>OL</sub>	V <sub>cc</sub> =4.5V, Vo=V <sub>cc</sub> max, B=50mT, Io=25mA	-	200	400	-	200	400	-	200	400	mV
输出漏电流	I <sub>OH</sub>	Vo=V <sub>cc</sub> max, V <sub>CC</sub> 开路	-	0.05	10	-	0.05	10	-	0.05	10	μ A
电源电流	I <sub>CC</sub>	Vo=V <sub>cc</sub> max, V <sub>CC</sub> 开路	-	8	12	-	8	12	-	8	12	mA
输出上升时间	t <sub>r</sub>	V <sub>cc</sub> =12V, R <sub>L</sub> =480 Ω C <sub>L</sub> =20pF	-	0.12	1.2	-	0.12	1.2	-	0.12	1.2	μ S
输出下降时间	t <sub>f</sub>		-	0.14	1.4	-	0.14	1.4	-	0.14	1.4	μ S

$V_{CC}=4.5$  至  $24V$  的条件下，测试不同型号的霍尔传感器的磁特性如下表所示。

参 数	符 号	型 号 及 量 值									单 位
		CS3013			CS3020			CS3040			
		最小	典型	最大	最小	典型	最大	最小	典型	最大	
工作点	B <sub>OP</sub>	-	-	45	7	-	35	7	-	20	mT
释放点	B <sub>RP</sub>	3	-	43	5	-	33	5	-	18	mT
回差	B <sub>H</sub>	2	-	-	2	-	-	2	-	-	mT

另外，通过查阅原件手册可以获得原件的特性曲线，包括工作点和释放点的温度特性（如图 3.11 所示）以及输出饱和电压的温度特性（如图 3.12 所示）。

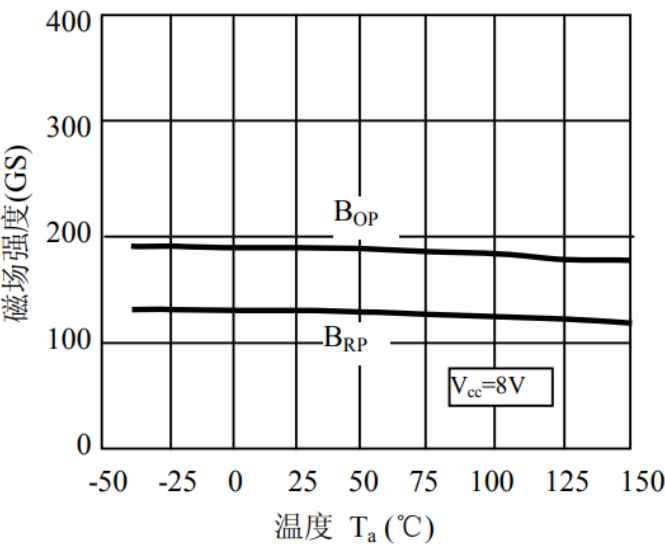


图 3.11 工作点和释放点的温度特性

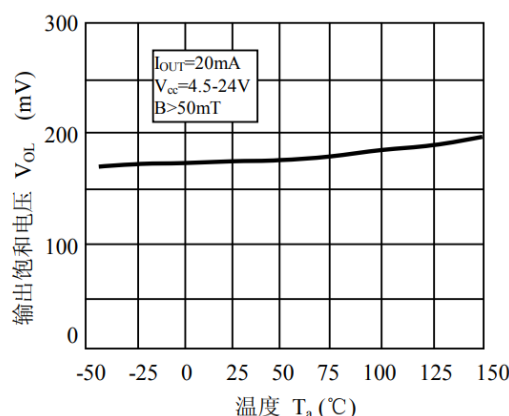


图 3.12 输出饱和电压的温度特性

## 3.5 霍尔检测设计

使用霍尔传感器获得脉冲信号，其机械结构也可以做得较为简单，只要在转轴的圆周上粘上一粒磁钢，让霍尔开关靠近磁钢，就有信号输出，转轴旋转时，就会不断地产生脉冲信号输出。如果在圆周上粘上多粒磁钢，可以实现旋转一周，获得多个脉冲输出。在粘磁钢时要注意，霍尔传感器对磁场方向敏感，粘贴之前可以先手动接近一下传感器，如果没有信号输出，可以换一个方向再试。这种传感器不怕灰尘、油污，在工业现场应用广泛。

测速的方法决定了测速信号的硬件连接，测速实际上就是测频，因此，频率测量的一些原则同样适用于测速。

通常可以用计数法、测脉宽法和等精度法来进行测试。所谓计数法，就是给定一个闸门时间，在闸门时间内计数输入的脉冲个数；测脉宽法是利用待测信号的脉宽来控制计数门，对一个高精度的高频计数信号进行计数。由于闸门与被测信号不能同步，因此，这两种方法都存在 $\pm 1$ 误差的问题，第一种方法适用于信号频率高时使用，第二种方法则在信号频率低时使用。等精度法则对高、低频信号都有很好的适应性。

图 3.13 是测速电路的信号获取部分，在电源输入端并联电容 C2 用来滤去电源尖啸，使霍尔元件稳定工作。HG 表示霍尔元件，采用 CS3020，在霍尔元件输出端（引脚 3）与地并联电容 C3 滤去波形尖峰，再接一个上拉电阻 R2，然后将其接入 LM324 的引脚 3。用 LM324 构成一个电压比较器，将霍尔元件输出电压与电位器 RP1 比较得出高低电平信号给单片机读取。C4 用于波形整形，以保证获得良好数字信号。LED 便于观察，当比较器输出高电平时不亮，低电平时亮。

# 山东科技大学实验报告书

微型电机 M 可采用型,通过电位器 RP1 分压,实现提高或降低电机转速的目的。  
C1 电容使电机的速度不会产生突变,因为电容能存储电荷。

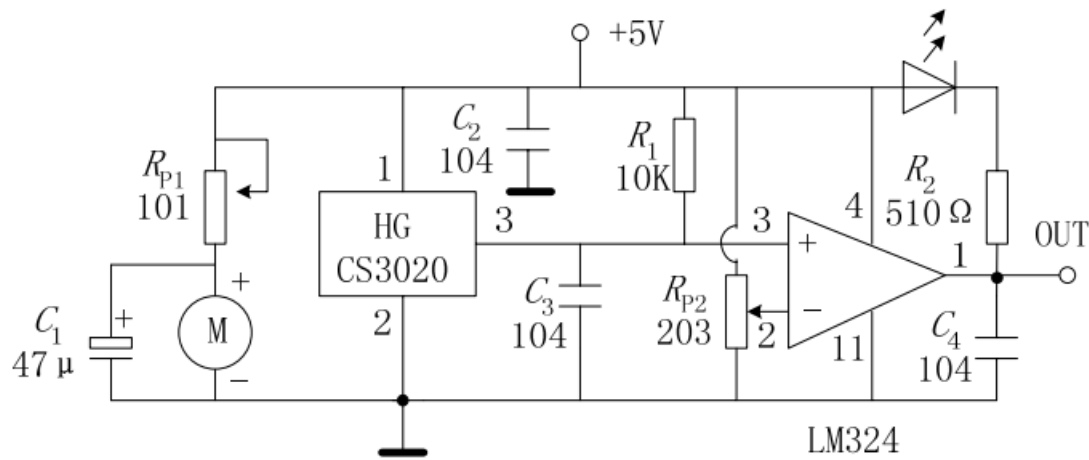


图 3.13 测速电路原理图

电压比较器的功能：比较两个电压的大小(用输出电压的高或低电平，表示两个输入电压的 大小关系)：

当“+”输入端电压高于“-”输入端时，电压比较器输出为高电平；

当“+”输入端电压低于“-”输入端时，电压比较器输出为低电平；

比较器还有整形的作用，利用这一特点可使单片机获得良好稳定的输出信号，不至于丢失信号，能提高测速的精确性和稳定性。

### 3.6 绘制原理图

本次实验的开发板选用 51 单片机，首先需要绘制 51 单片机的最小系统。

#### 3.6.1 51 芯片内部结构框图

所谓单片机最小系统，就是用不能再少的元件来组成可以正常工作的电子控制系统。51 系列单片机的最小系统一般包括：控制芯片、系统时钟以及复位电路。其框图如下所示：

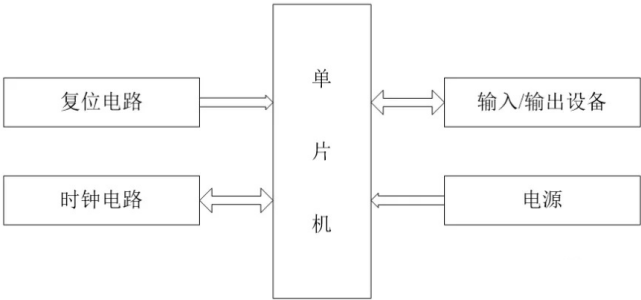


图 3.14 51 芯片内部结构框图

# 山东科技大学实验报告书

## 3.6.2 系统时钟电路

系统时钟电路主要用于为主控芯片提供时钟节拍，在人体中就相当于心脏的作用，只有随着心脏的跳动，血液才会到达身体各个部位，以保持人体生存及生活。本次设计中的时钟电路，选用 12M 的晶振。具体系统时钟的电路设计如下所示。

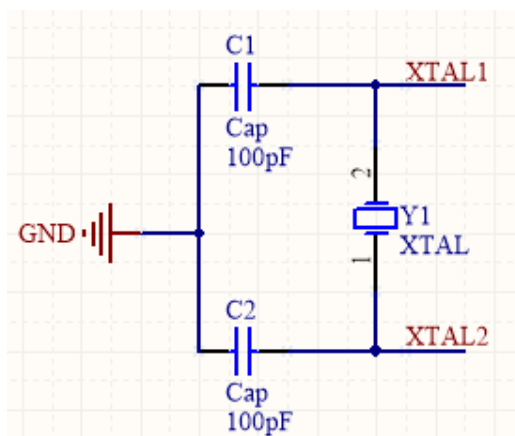


图 3.15 时钟电路

## 3.6.3 复位电路

本次设计采用的 51 最小系统板为低电平复位。即当按键自然释放时 RSTSET 端输入信号为高电平，当按键按下时，RSTSET 端的输入信号为低电平，从而实现电路的复位。具体复位电路的设计如下所示。

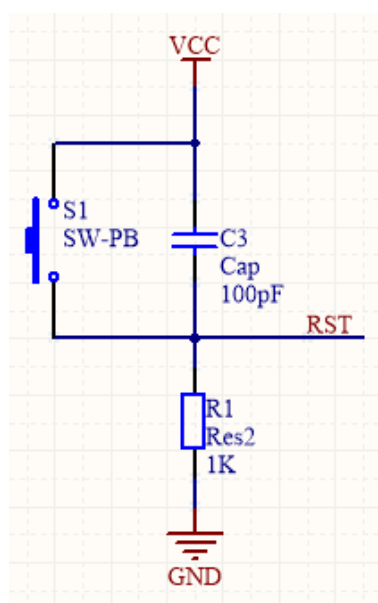


图 3.16 复位电路

# 山东科技大学实验报告书

## 3.6.4 单片机

复位电路的 C3 电容大小可直接影响单片机的复位时间，实际应用中一般选用 10uF 极性电容。在工作模式下，可选用更高频率的晶体振荡器，因为单片机最小系统的晶振频率可直接影响单片机的运算处理速度，即晶振频率越大，相应运算处理速度会越快。

51 微控制芯片的正常工作电压范围在 3.8V-5.5V 之间，在本设计中通过外接 5V 直流电源给单片机供电。单片机采用 AT89C51 主控制器电路，如下图所示。

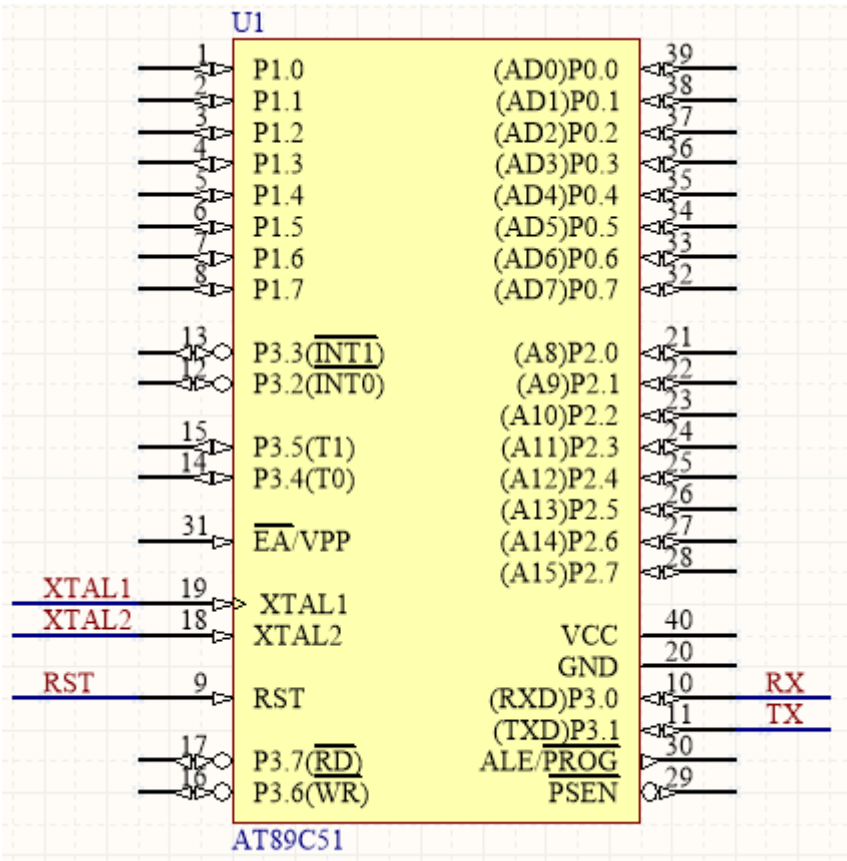


图 3.17 主控芯片

## 3.6.5 霍尔检测模块

根据霍尔检测电路的原理图（如下图 3.18 所示），在 Altium Designer 软件中绘制其原理图。

# 山东科技大学实验报告书

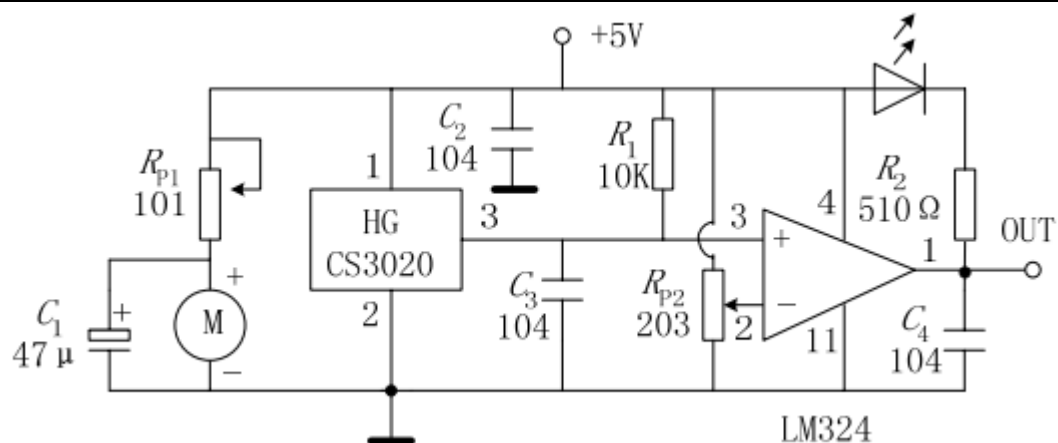


图 3.18 霍尔传感器原理图

原理图绘制完毕后，如下图 3.19 所示。

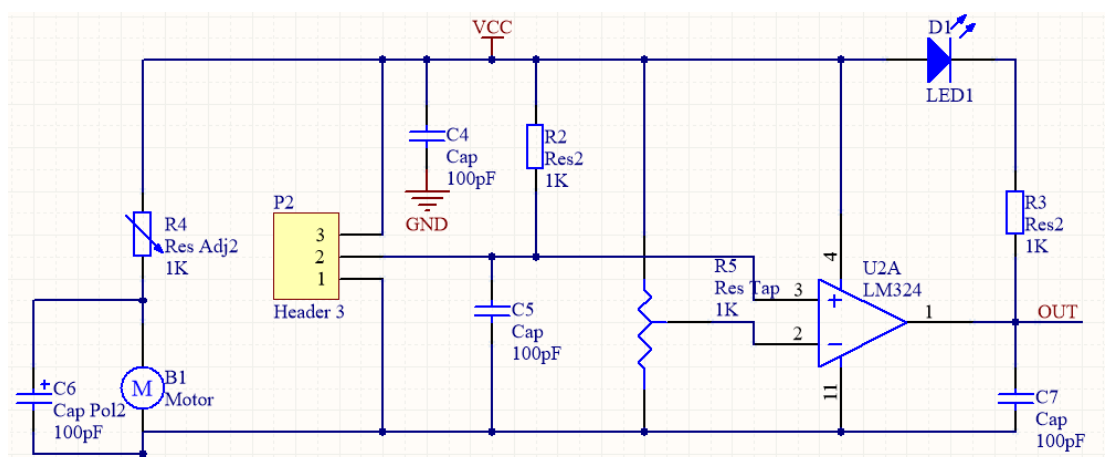


图 3.19 绘制原理图

这里我用一个三脚的接线座代替了 CS3020 的位置，这样可以方便 CS3020 原件的安装和拆卸。绘制完毕后，整个原理图如下图 3.20 所示。

# 山东科技大学实验报告书

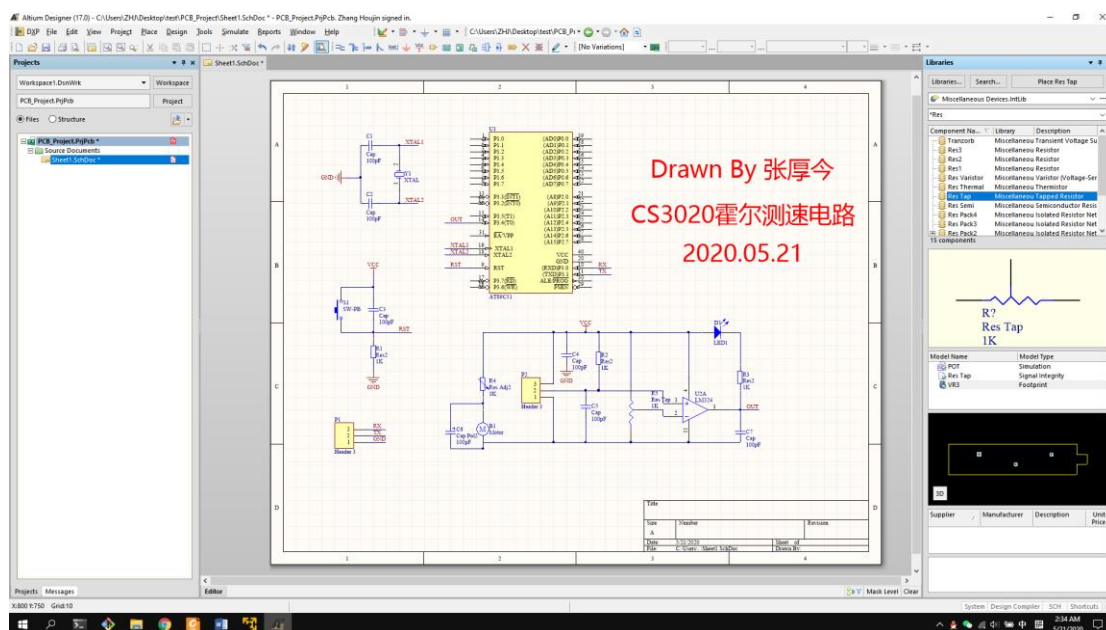


图 3.20 原理图

## 3.7 绘制 PCB

原理图绘制完成后，导入原理图原件到 PCB 界面，如下图所示。

Engineering Change Order						
Modifications						
Enable	Action	Affected Object	Affected Document	Status	Check	Done   Message
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	P2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	R1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	R2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	R3	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	R4	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	R5	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	S1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	U1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	U2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	Y1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add Nets(13)					
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	GND	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	NetB1_1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	NetB1_2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	NetC5_2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	NetD1_2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	NetR5_3	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	OUT	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	RST	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	RX	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	TX	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	VCC	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	XTAL1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	XTAL2	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add Component Classes(1)					
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	Sheet1	To PCB1.PcbDoc	✓	✓	
<input checked="" type="checkbox"/>	Add Rooms(1)					
<input checked="" type="checkbox"/>	Add	Room Sheet1 (Scope=InComponentC To	PCB1.PcbDoc	✓	✓	
Validate Changes Execute Changes Report Changes... Only Show Errors Close						

图 3.21 导入原件



# 山东科技大学实验报告书

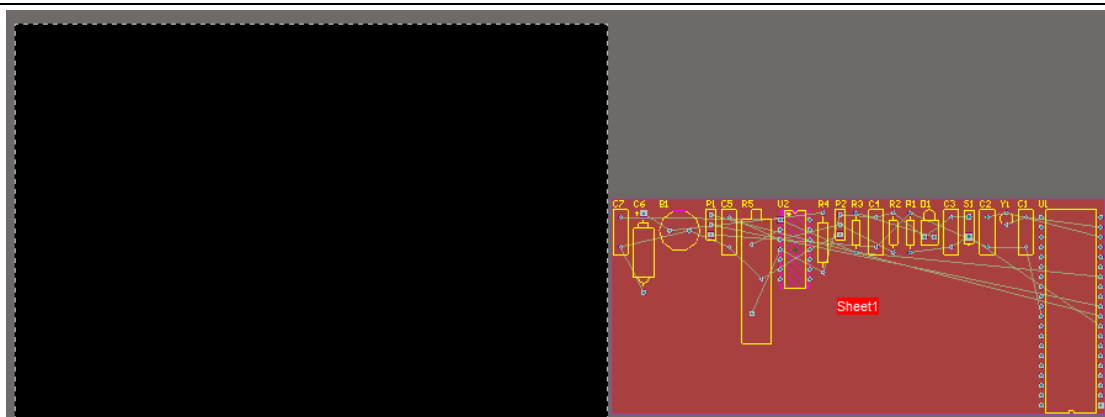


图 3.22 原件导入

接下来开始对 PCB 进行布局，布局完成后如下图 3.23 所示。

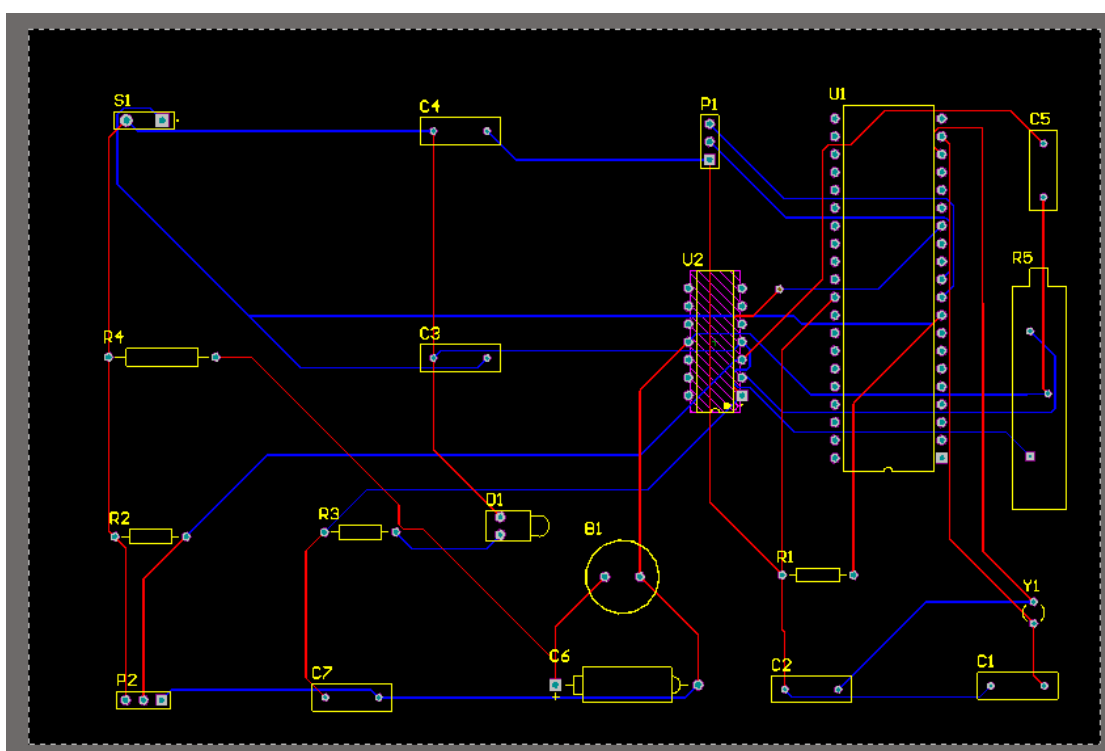


图 3.23 原件布局

画出来之后有点乱，运行 PCB 规则检查程序，PCB 未检查出布线规则问题。如下图所示。

# 山东科技大学实验报告书



图 3.24 规则检查

PCB 生产出来后,焊接上元器件进行测试,并向 AT89C51 单片机烧录程序。经过大量调试之后,也许本次实验设计的 PCB 可以正常工作。

将一块磁铁吸附在电机转轴的一侧,使用该 PCB 进行速度测量。当点击转动到靠近霍尔传感器时,传感器就会产生脉冲输出。经过 LM324 比较器的放大之后,通过 OUT 引脚输出至单片机的 P3.4 端口,引起单片机的外部中断。单片机内部设置定时器,计算外部中断的时间,经过计算之后可以求得电机转动的速度。

## 四、实验结果

### 4.1 原理图

本次实验使用 AT89C51 单片机,配合 CS3020 霍尔传感器模块,能够检测电机的转速。本次实验所设计的电路图如下图所示。

### 4.3 实验数据

# 山东科技大学实验报告书

---

## 五、收获与心得

本次实验首先讨论了速度传感器的分类，主要研究了光学速度传感器、霍尔式速度传感器、电涡流转速传感器、巨磁阻转速传感器的检测原理及其常见的应用场景。之后以“为电机选择传感器测量转速”场景为例，对速度传感器进行了选型，最终选择了 CS3020 霍尔传感器作为本次实验场景下的速度检测传感器。

接下来对 CS3020 的性能特征进行详细探讨。通过查阅手册资料的方式找到了该传感器的部分性能指标，包括传感器的外观及封装、原理图、应用电路图以及换件测试数据等等。与实际需求相比较，符合本次实验的传感器要求。

最后简要描述了 CS3020 在 51 单片机中的使用方法。通过绘制原理图、PCB 等方式，实现了“为电机选择传感器测量转速”的实验目标。

通过本次实验，掌握了速度传感器的选择方法，研究了速度传感器的种类、精度等静态性能，通过查阅资料了解了速度传感器的动态性能、使用方法等，掌握了速度传感器的性能分析步骤。

本次实验因为没有实验所需的硬件，无法进行实际测试。获取不了实际的监测数据，因此我省略了这部分内容。画出来的 PCB 也用不了，没有什么意义。