

## S3C44B0 为核心的微波频率自动测量系统设计

本系统采用三星公司的 ARM 处理芯片 S3C44B0 为核心,设计了步进电机控制的微波频率自动测量电路,通过控制步进电机的微小转动,采集谐振腔检波电流大小通过串口传送到上位机 LabVIEW 界面中显示处理测量。测试结果表明,该系统提高了测量精度,减少了人为因素造成的误差,效率明显提高,且操作界面简单易懂。

### 1. 引言

通常微波所指的是分米波、厘米波和毫米波。关于其频率范围,一种说法是:

300MHz ~ 300GHz (1MHz =10<sup>6</sup>Hz, 1GHz =10<sup>9</sup> ) 相应的自由空间中的波长约为 1m~1mm.

微波技术的兴起和蓬勃发展,使得国内大多数高校都开设微波技术课程。但还存在以下问题:测量时,由手工逐点移动探头并记录各点读数,然后手工计算实验结果并绘图。测量项目单一、精度低、测量周期长,操作也较为繁琐。本文主要研究一种实用的基于 Labview 的速调管微波频率自动测量系统。

### 2. 系统整体结构

系统的整体结构如图 2-1 所示。由下位机跟上位机构成。微处理器通过驱动电路来控制步进电机,带动谐振式频率计的套筒转动,处理器采样检波电流,传送到上位机 LabVIEW 界面显示,并利用 PC 机强大的数据处理功能,分析出电流最小值,计算出所测频率。

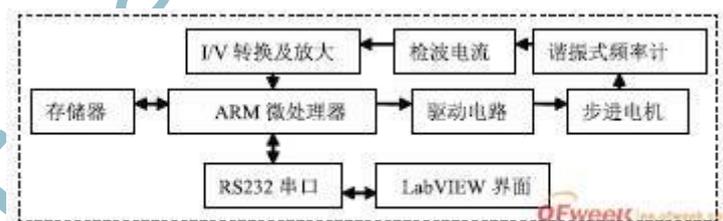


图2-1 系统的整体结构 电子工程网

### 3. 系统硬件设计

#### 3.1 微处理器系统电路的设计

本系统选用的微处理器是 S3C44B0. 2. 5VARM7TDMI 内核, 3. 0~3. 6V 的 I/O 操作电压范围。可通过 PLL 锁相环倍频高至 66MHz; 71 个通用 I/O 口; 内嵌有 8 通道 10 位 ADC, 本系统选取了通道 1 作为晶体检波器电流输入通道。

#### 3.2 复位电路

系统没有采用 RC 电路作为复位电路，而使用了电压监控芯片 SP708SE, 提高了系统的可靠性。复位电路的 RST 端连接到 S3C44B0 的复位引脚 nRESET, 因为 S3C44B0 的复位信号是低电平有效，所以当系统掉电或复位按键 SW\_RST 被按下时，电源监控芯片 RST 引脚立即输出复位信号，使 S3C44B0 芯片复位。

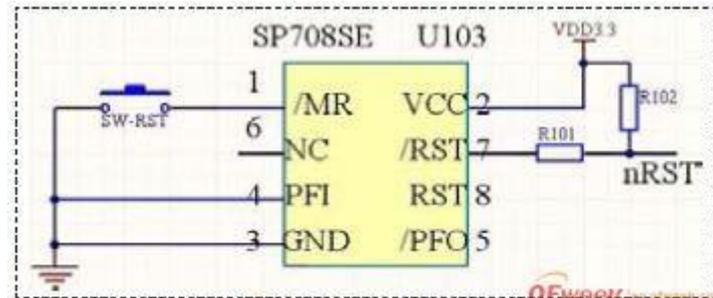


图3-1 复位电路

电子工程网

### 3.3 谐振式频率计自动测量电路的设计

#### 3.3.1 定标法测频率原理

为了实现频率的自动化测量，本系统采用步进电机带动频率计的转动，当腔体转到了谐振位置时候，到达检波器的微波功率明显下降，检波电流出现明显的下降，而这个位置对应的频率就是所测频率。步进电机带动下的是非只读式频率计，所以先要用定标的方法，拟合出频率与刻度的对应关系式。定标法：同时配合两种频率计，一种是只读式的，可直接读出频率；另一种是非只读式的，只有刻度，不能直接读出频率。首先手动转动非只读式频率计到一个谐振的位置，记录这时的刻度，然后再转动只读式频率计，到另外一个谐振位置，记录对应的频率。重复这种操作，测出尽量多的频率和刻度对应点，根据测得数据再用最小二乘法拟合出两者的对应关系式。最后改换用步进电机带动非只读式频率计转动，当转动到检波电流出现明显的“吸收谷”时，读得这时的刻度，根据拟合出来的刻度与频率关系式，就可得所测频率。

#### 3.3.2 步进电机及自动控制电路

步进电机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。通俗一点讲：当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时可通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度，达到调速的目的。

本系统采用二相步进电机，具有如下一些特点：只需将电机与驱动器接线的 A+和 A-（或者 B+和 B-）对调即可实现电机的转动方向；步进角为  $1.8^\circ$  的两相四线混合式步进电机，并把细分驱动器的细分数设置为 8, 电机的运转分辨率为每个脉冲  $0.225^\circ$ 。为了有效驱动电机，本文采用了基于 TA8435H 芯片的驱动电路。实际应用电路如下图 3-2 所示，芯片的输入信号有使能控制、正反转控制和时钟输入。

通过光耦器件 TLP521 可将驱动芯片跟输入级进行电隔离，起到逻辑电平隔离和保护作用。

M1, M2 分别接高电平，所以为 1/8 细分方式。

由于 REF IN 引脚接高电平，因此 VNF 为 0.8V。

输出级斩波电流为  $VNF/RNF=0.8/0.8=1A$ ，因此 R212、R213 要选用功率大一些的电阻。选用不同的二相步进电机时，应根据其电流大小选择合适的 R212 和 R213。R21 和 C5 组成复位电路，D1~D4 快恢复二极管用来泄放绕组电流。

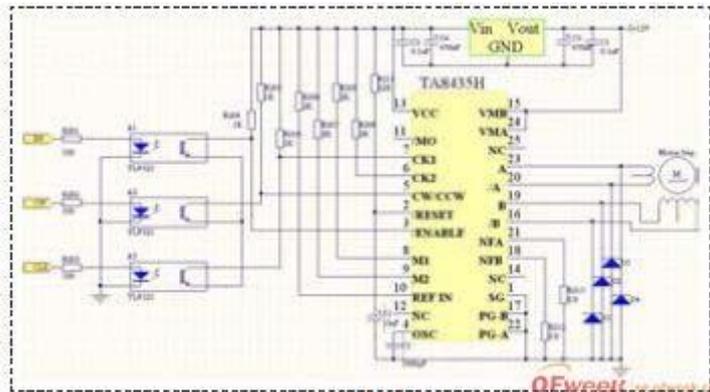


图3-2 步进电机驱动电路 电子工程网

电路中用到微处理器 S3C44B0 引脚 PC0, PC1, PC2 给驱动电路分别输出使能，正反转，时钟信号，通过控制输出脉冲的间隔可以控制电机转动的速率，而输出脉冲个数可控制步进电机走动的步数，达到控制频率计腔体位置目的。电路输出端口 A, A, B, B 接二相步进电机对应输入端子。

### 3.3.3 检波电流 I/V 转换及放大电路

检波晶体的作用是将微波微弱信号转换成直流信号。故可观察检波电流是否出现“吸收波谷”来判断腔体是否到达谐振位置。本系统将检波电流经过处理之后传送到上位机的 LabVIEW 界面显示，观察是否到谐振位置。

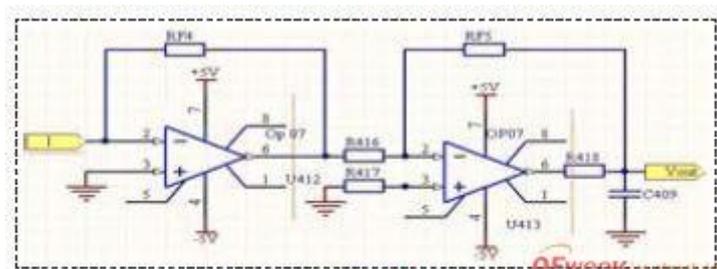


图3-3 检波电流 I/V 转换及放大电路 电子工程网

由于微波信号在传输过程中受到外部干扰的噪声，线路的噪声，元器件的噪声等等，因此需要滤波电路来滤除这些干扰信号。由于处理器对信号的采集速率

比较低,所以本系统采用了时间常数比较大的由 R418 和 C409 构成的低通滤波器。其截止频率为  $f_p = 30\text{Hz}$  有利于滤除电路中的尖峰噪声。电路采用两级运放,第一级为 I/V 转换,第二级为电压反相放大。调节可变衰减器,电机走完全程,观察到检波电流最大值为  $50.9\mu\text{A}$ ,因此电路中  $R_{F4}=1\text{K}$ ,  $R_{416}=1\text{K}$ ,  $R_{F5}=45\text{K}$ ,由  $V_{out1}=-R_{F4}*I$  知,经过第一级 I/V 转换之后最大电压为  $50.9\text{mV}$ ,再经过放大,最终输出电压最大为  $2.291\text{V}$ ,满足 S3C44B0 的 A/D 转换输入要求。

## 4. 软件设计

### 4.1 下位机软件

系统开机复位后,进入 while (1) 死循环,时刻检测上位机是否发来测量频率的命令,当接收到测量频率命令后,调用测频率模块子程序。频率测量子程序中,电机走完全程需要 1854 步,每一步带动谐振腔走  $0.005\text{mm}$ ,每一步耗时  $44.44\text{ms}$ ,电机每走动一步,把 100 次检波电流的 A/D 转换数据求平均值后再通过串口发送到上位机显示。

### 4.2 上位机软件设计

在虚拟仪器开发平台 LabVIEW 中,可以利用基于 VISA 的仪器驱动模板中的 I/O 接口函数来方便快速地开发驱动程序。本系统中通过 PC 机和主控芯片 S3C44B0 的 RS232 串行通信实现数据采集的驱动程序正是使用这种方法。

如图 3-5 频率测量的 labview 程序图。首先用最大值与最小值函数求出采集到的电流数据的最小值,并求出其对应的索引值,即步进电机在哪一步采集到的电流值,从而把这个索引值反馈回频率数组,求出其对应的元素,则为所测频率。

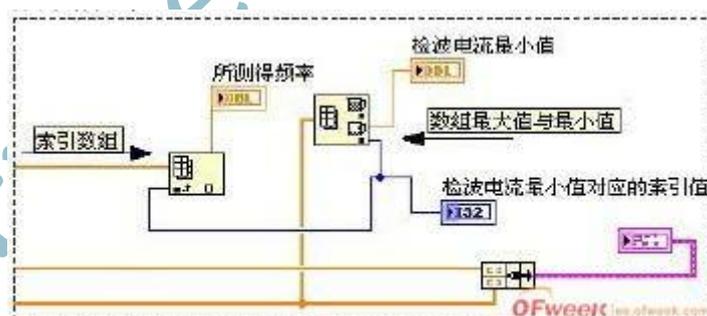


图4-2 输出频率测量程序

## 5. 信号源输出频率测量实验结果及分析

为了在上位机的 LabVIEW 界面得到所测量的微波信号频率,需在界面中显示出检波电流—频率曲线,从而可明显读出检波电流的“吸收波谷点”.需通过定标法先手工测量频率—距离(当前测量点与起始点的距离,可由套筒刻度算出)的一组尽可能多的数据点,然后利用步进电机每走一步的距离,就可以把距离转化为步数,再用 matlab 拟合出频率—步数的关系函数。从而可知道步进电机走到哪一步对应哪一个频率。电机走完全程需要 1854 步,那么把步数对应的 1854

个频率值组成一个数组作为曲线的横坐标，并把采集到的 1854 个电流值作为纵坐标。

限于本信号源频率及谐振式频率计测量范围的影响，本系统只能在 8.48GHz 和 9.9GHz 范围内测量。因此从套筒的起始位置 9.9mm（对应于频率 8.48GHz），截止位置 0.63mm（对应于频率 9.9GHz），其全长为  $9.9\text{mm} - 0.63\text{mm} = 9.27\text{mm}$ 。由于电机带动套筒每步的距离非常小，因此不能直接测量步进电机一步的距离，利用步进电机没有累计误差的特点，采用步进电机走动 180 步，测出套筒刻度前后位置差，得出步进电机带动套筒每一步移动平均距离为 0.005mm。手工测出频率与刻度的 42 组数据点，利用 MATLAB 拟合出图 5-1 所示曲线。用 MATLAB 拟合出频率  $f$  与刻度  $L$  线性关系函数为  $f = 0.1456 * L + 9.9917$  ( $0.63\text{mm} \leq L \leq 9.9\text{mm}$ )。由于电机每步带动套筒移动 0.005mm，起始位置在 0.63mm，即步进电机走一步后，套筒的位置在  $0.63\text{mm} + 0.005\text{mm} = 0.635\text{mm}$ ，而步进电机走全程需要 1854 步，套筒的截止位置在  $0.63 + 0.005 * 1854 = 9.9\text{mm}$ 。则刻度  $L$  与步数  $n$  的关系函数为  $L = 0.005n + 0.63$  ( $0 \leq n \leq 1854$ )。

可推导出频率  $f$  与步数  $n$  的函数关系式为  $f = 0.000728n + 9.9$  ( $0 \leq n \leq 1854$ )。把步数对应的 1854 个频率值组成一个数组作为曲线的横坐标，并把采集到的 1854 个电流值作为纵坐标，利用 PC 机在 LabVIEW 描绘的波形图如图 5-2 所示。

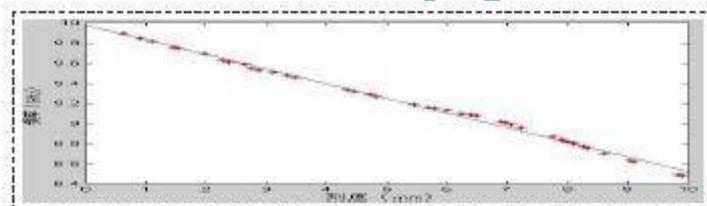


图5-1 频率与刻度的matlab拟合关系曲线

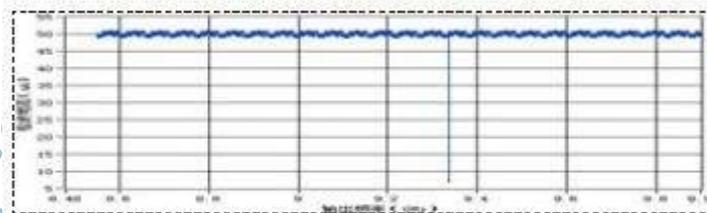


图5-2 频率与检波电流的曲线图

经过局部放大后其曲线图如图5-3所示。



图5-3 频率与检波电流局部放大的曲线图

再由 LabVIEW 自动计算检波电流最小值对应的频率值，如图 5-4 所示。可知这时信号源输出频率为 9.337GHz。

检波电流最小值	检波电流最小值对应的索引值	所测得频率
7.143 $\mu\text{A}$	1091	9.337 GHz

图5-4 频率计算

与手工测量做对比。换上可直接测出频率的谐振式频率计，测得这时的频率为 9.357GHz, 所以自动测量与手动测量的相对误差为：

$$\frac{|f_{\text{自动}} - f_{\text{手动}}|}{f_{\text{手动}}} \times 100\% = \frac{|9.337 - 9.377|}{9.377} \times 100\% = 0.427\%$$

本系统设定步进电机走完全程需要 82.4 秒，不能设得走太快的原因是防止步进电机“丢步”（漏掉了脉冲没有运动到指定的位置）。另外太快很可能检测不到检波电流的“波谷点”，而手工测量一次信号源的输出频率，通常要两分多钟，可见本系统自动测量的实用性。