

DDS 系统在 SAW 传感器中的应用

辛长宇, 施文康

(上海交通大学电子信息与电气工程学院信息检测技术及仪器系, 上海 200030)

摘要: 基于声表面波的传感器具有很高的灵敏度、良好的线性, 有望在气体传感器中得到广泛的应用。通常情况下, 测量电路是由放大器与 SAW 器件构成 SAW 振荡器。在 SAW 器件的表面上的扰动, 如气体分子在传感器表面的沉积等因素的影响, 使 SAW 振荡器的振荡频率发生了变化。可通过测量频率的变化而求出所要的物理量。讨论了用频率直接数字合成器(DDS)构成的 SAW 测量电路。

关键词: 声表面波; 直接数字合成器; 锁相环

中图分类号: TN79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002 - 1841(2004)03 - 0022 - 02

Application of DDS System in SAW Sensor

XIN Chang-yu, SHI Wen-kang

(Dept. of Information Measurement and Instrument,

College of Electronic Information and Electrical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The devices based on Acoustic Surface Wave(SAW) possess the advantage such as high sensitivity, good linearity, etc. The widely used test circuits are SAW oscillators composed by SAW devices and amplifiers. As a result of surface perturbations, such as deposition of gas molecules, the velocity of propagation and thus the frequency of operation are accordingly changed. The new idea to build up the test circuit based on DDS technology is discussed.

Key Words: Surface Acoustic Wave; Direct Digital Synthesis(DDS); PLL

1 基本工作原理

图 1 是一种声表面波传感器的结构, 由叉指换能器与基片材料构成。基片材料是由具有压电效应的晶体在特定的方向上切割而成。叉指换能器(IDT)是用集成电路制造工艺制作在基片材料上。在输入叉指换能器上加入某种频率的电信号, 由逆压电效应, 在基片材料上就产生了声表面波。声表面波传输到输出叉指换能器, 由于压电效应再次被转变为电信号。叉指的间距 w_s 和叉指的宽度 w_f 决定了声表面波的波长 $\lambda = 2(w_s + w_f)$ 。声表面波的波速 v_s 与基片材料的弹性系数 c 和密度 ρ 成比例, $v_s = \sqrt{c/\rho}$ 。由此可知, 声表面波的频率 $f = v_s/\lambda$ 。通过测量 SAW 振荡器的频率就能测出声表面波的波速。

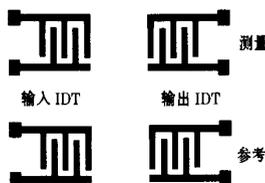


图 1 声表面波传感器的结构

2 测试电路方案分析

一种模拟测试电路如图 2 所示。设测试传感器 M 和基准

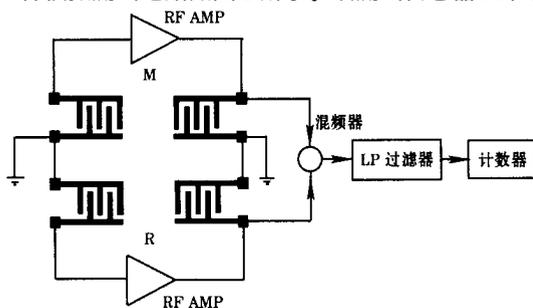


图 2 检测电路

传感器 R 的振荡频率分别为 f_m 与 f_r 。基准传感器 R 的设置是

为了最大限度地减少温度对测量的影响。理论上, f_m 与 f_r 是相等的。但在实际中, 允许由一定的偏差。当微小的气体分子沉积在测试传感器 M 的表面上, 由于质量载荷的效应, f_m 将会变小。可以将 f_m 与 f_r 送入混频器, 再将输出信号通过低通滤波器得到 $f_m - f_r$ 。整形后送入计数器, 就能得到频率漂移值。由于这种频率漂移对 ng 级的质量负载仍很敏感, 故可称这种测试装置为微天平。

这种测试电路在实用上有很多缺点, 如无法自动调零, 模拟电路易受外界温度等参数变化的影响, 因此, 有必要利用不断发展的数字电路技术以及单片机技术研究新的测量电路。直接数字合成技术(DDS)与数字锁相环技术(DPLL)可能实现这一方案。

直接数字合成技术原理如图 3 所示。DDS 电路实际上是一个数字分频器, 工作时需要输入一个 N 位的分频字, 将参考时钟 N 分频。相位累加器在每一个时钟脉冲到来时, 增加一次, 增加量就是分频字。分频字越大, 输出的频率就越高。DDS 使用专门的算法把相位累加器的输出转变为正弦波的对应该相位的幅值, 之后送到高速 D/A 转换器中, 这样就产生了频率可控的正弦波。

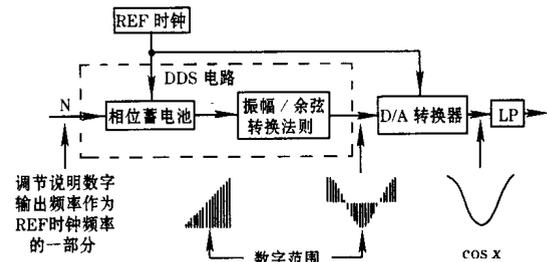


图 3 直接数字合成技术原理图

Analog Device 公司出品的 AD9854 就是 DDS 芯片。其产生的正弦波频率为

$$f_{out} = (\text{Phase} \cdot \text{CLKIN}) / 2^{48}$$

式中: Phase 为 48 位分频字; CLKIN 为参考时钟频率, MHz; f_{out} 为输出频率。

3 测试电路设计

要求设计检测真空环境下,测量精密光学表面的气体分子沉积量。SAW 的振荡频率设计为 100 MHz,带宽为 5 MHz。测试传感器 M 和基准传感器 R 的振荡频率设计偏差不大于 10 kHz。基于 DDS 的 SAW 测量电路如图 4 所示:

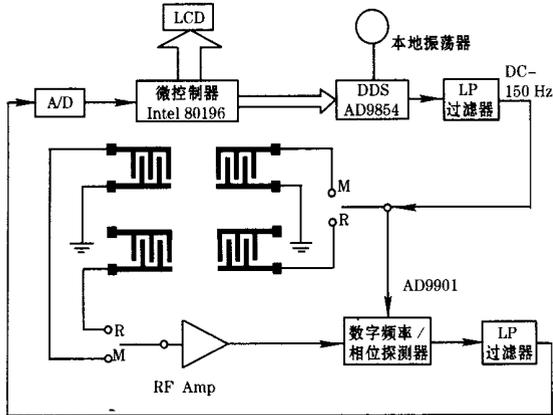


图 4 基于 DDS 系统的测量电路

75 MHz 的时钟脉冲输入到 DDS,经 4 倍频后,变为 300 MHz。由单片机 80196 通过串行接口向 DDS 写入分频字,低通滤波后,得到 DC 150 MHz 的正弦波,经过低通滤波后,产生信号一路作为 SAW 的激励信号送入 SAW 的输入 IDT,另一路作为相位检测器的基准信号。因为 SAW 谐振器在工作时,工作在自激振荡状态,这时必须满足的条件是 SAW 输入信号与输出信号的相位是相同的。只要在系统中检测到输入与输出相位相同,就准确地知道两个 SAW 振荡频率之差,从而准确地求出气体的沉积量。

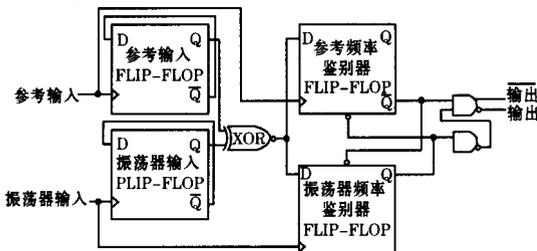


图 5 数字频率相位检测器原理图

测量电路的另一个重要部分是数字频率相位检测器 AD9901,由 4 个 D 触发器,一个异或门和一些辅助电路构成,如

图 5 所示。测量信号与基准信号经整形后变成方波,当两个频率比较接近时,只有鉴相器工作,输入输出波形如图 6 所示。

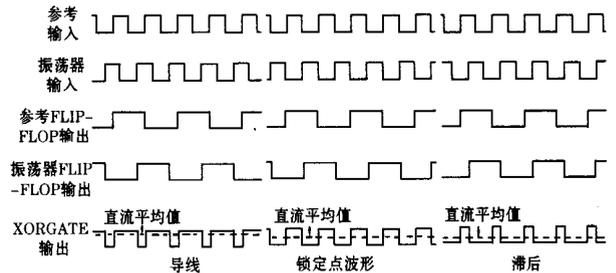


图 6 输入、输出波形

当两个输入在频率上相差很大时,鉴频器工作,鉴相器的输出被低电平锁住。频率相位相同时,AD9901 的输出如图 7 所示。此时波形的占空比为 50%,经低通滤波后,送到单片机系统进行 A/D 转换,以判别锁相环工作状态。

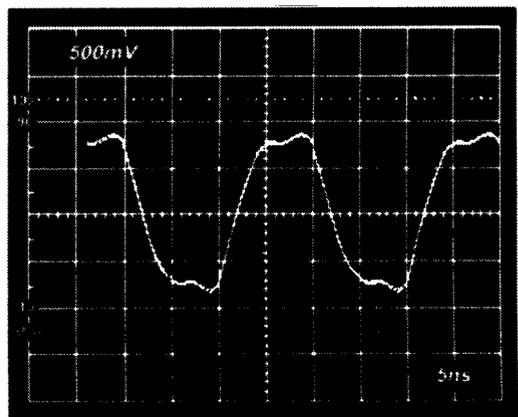


图 7 AD9901 输出波形

4 结束语

讨论的测量电路采用了单片机与 DDS 芯片构成系统,具有很高的精度,省略了高频计数器,工作稳定性好,测量方便。

参考文献

- [1] CMOS 300 MSPS Quadrature Complete-DDS AD9854 Data Sheet. Analog Device, Norwood, MA, 2002.
- [2] EGAN W F. Phase-lock Basics. New York: Wiley, 1976.
- [3] HASHIMOTO K Y. Surface acoustic wave in telecommunication modelling and simulation. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 2000.

(上接第 21 页)

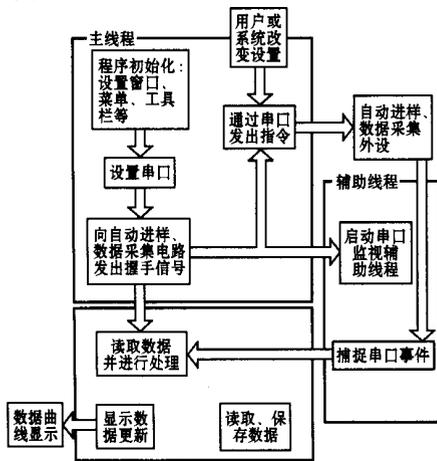


图 6 系统软件流程框图

5 结束语

系统的进样装置具有较高自动化程度,减少了环境、人工

的影响,提高了测试的重复性、可靠性。同时通过在计算机上定制测试流程,可以实现多种测试方式,满足不同的需要。另外结合模式识别技术,在系统软件功能方面加以扩充,该系统能够进行气体或气味的辨识。

参考文献

- [1] 章天金,周东祥.金属氧化物气敏传感器的研究现状及其发展趋势.材料导报,1998,12(6):38-40,44.
- [2] RYABTSEV S V. Application of semiconductor gas sensors for medical diagnostics. Sensors and Actuators B, 1999, 59: 26 - 29.
- [3] JULIAN W G, PHILIP N B. A brief history of electronic noses. Sensors and Actuators B, 1994(18 - 19): 210 - 211.
- [4] M E, HASSAN A. An intelligent gas sensing system. Sensor and Actuators B, 1997, 44: 512 - 516.
- [5] JULIAN W G. A multisensor system for beer flavour monitoring using an array of conducting polymers and predictive classifiers. Sensor and Actuators B, 1994(18 - 19): 240 - 243
- [6] 高晓光,李建平. Si 基膜片型气敏传感器微结构单元的热学性能. 微细加工技术, 2002, 3(1): 50 - 53.
- [7] 王建校. 51 系列单片机 C51 程序设计. 北京: 科学出版社, 2002.