

基于 STC12C5A60S2 的高频高精度频率计的设计

黄俊,余水宝

(浙江师范大学 数理与信息工程学院,浙江 金华 321004)

摘要: 基于传统测频原理的频率计的测量精度随被测信号频率的变化而变化。针对这一缺陷,提出了一种基于等精度测量原理的频率计设计方案。选用单时钟/机器周期的单片机 STC12C5A60S2,其克服了普通 8051 单片机测频上限频率低的缺陷,从而满足了对高频信号进行测频的要求。该频率计具有电路结构简单、成本低和测频精度高等特点,适合测量高频小信号。

关键词: 等精度频率测量;频率计;STC12C5A60S2

中图分类号: TP368.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)17-0022-03

Design of high-frequency and high-precision frequency meter based on STC12C5A60S2

Huang Jun, Yu Shuibao

(College of Mathematics, Physics and Information Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: The measurement accuracy of frequency meter based on the traditional frequency measurement principle changes with the frequency of the measured signal. For this defect, the frequency meter based on the principle of equal precision frequency measurement is designed. It selects the single clock/machine cycle MCU STC12C5A60S2 to overcome the defects of the low frequency of frequency measurement upper limit of ordinary 8051 MCU and meet the requirements of frequency measurement of high frequency signal. The frequency meter has characteristics of simple circuit, low cost and high precision, which fits for measuring high frequency signal.

Key words: equal precision frequency measurement; frequency meter; STC12C5A60S2

在电子技术领域,频率是最基本的电参数之一,也是电子测量中最基本的测量之一。随着科学技术的迅速发展,对被测信号频率测量的精度要求越来越高。传统的直接测频法的测量精度随被测信号频率的降低而降低;直接测周法的测频精度随被测信号频率的升高而降低,在实际应用中存在着较大的局限性;而等精度测频法不仅具有较高的测频精度,而且在整个频率区域能保持恒定的测频精度。本文介绍了以 STC12C5A60S2 单片机为主控芯片的高频高精度数字频率计的设计方案。

1 等精度测频基本原理

等精度频率测量也称为多周期同步测量,与传统的频率测量原理相比,其优点是可在整个测频范围内获得同样高的测试精度和分辨率。其测量原理如图 1 所示,其工作时间波形图如图 2 所示。其中, f_x 为输入信号的频率, f_0 为基准信号的频率。A、B 2 个计数器在同一个

闸门时间 T 内分别对 f_x 和 f_0 进行计数,计数器 A 的计数值 $N_x = f_x T$,计数器 B 的计数值 $N_0 = f_0 T$ 。因此,被测信号的频率 f_x 公式为:

$$f_x = \frac{N_x}{N_0} \times f_0 \quad (1)$$

图 1 中, D 触发器的作用是使闸门信号与被测信号同步,实现同步开门,并且开门时间 T 准确地等于被测信号周期的整数倍,因此计数器 A 的计数值 N_x 消除了传统测频方法中的 ± 1 计数误差。计数器 B 虽然有 ± 1 计数误差,但由于 f_0 很高, $N_0 \gg 1$, 因此 N_0 的 ± 1 计数误差的相对值 $\pm 1/N_0$ 很小,且该误差与被测信号的频率 f_x 无关,因此在整个测频范围内,该框图能实现等精度的频率测量。

2 系统硬件组成

本系统主要由放大整形电路、信号频率测量电路和

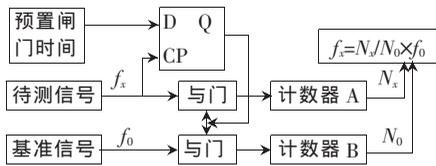


图1 等精度测频原理

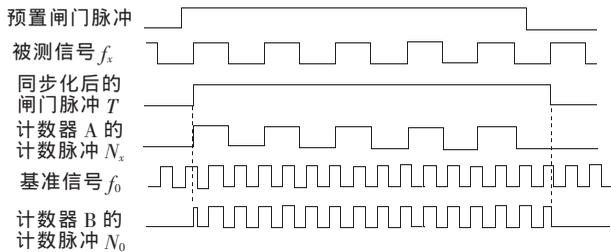


图2 工作时间波形图

数码管显示电路组成。放大整形电路主要用来对被测信号(三角波、方波、正弦波及锯齿波等)进行峰峰值放大处理,再整形为矩形波,同时去除噪声干扰。本系统选用 32 MHz 的石英晶振作为基准信号,从而保证测频精度。

2.1 STC12C5A60S2 单片机

在测高频信号时,由于普通 51 单片机在确认一次负跳变时需要 2 个机器周期,即 24 个时钟周期,因此外部输入信号的最大频率为系统振荡器频率的。假设选用 32 MHz 的晶振,普通 51 单片机所测信号的最大频率为 1.33 MHz,显然普通 51 单片机所测信号的上限频率太小。

针对上述现状,本系统选用 STC12C5A60S2 型号的单片机。它是宏晶科技生产的单时钟/机器周期(1T)的单片机,是一种高速、低功耗、超强抗干扰的新一代 8051 单片机,其指令集完全兼容传统 8051 指令集,但速度为 8051 的 812 倍,工作电压为 3.3~5.5 V,工作频率范围为 0~35 MHz,相当于普通 8051 的 0~420 MHz。

选用 STC12C5A60S2 单片机还有两大优点:

(1) 提高测频精度。普通 51 单片机的最大工作频率为 24 MHz,而 STC12C5A60S2 单片机的最大工作频率为 35 MHz。工作频率越高, N_0 的 ± 1 计数误差的相对值 $\pm 1/N_0$ 越趋于 0,从而提高了测频精度。

(2) 频率分辨率很低。当被测信号的频率为高频($f_x \geq 10$ MHz)时,国内外现有的研究方案通常是将被测信号分频后送给单片机计数测频。例如,假设被测信号的频率为 15 MHz,通常都是将被测信号经过 10 分频以后变为 1.5 MHz,然后送给单片机计数测频,这样频率分辨率则为 10 Hz,导致测量误差很大。而采用 STC12C5A60S2 单片机可将 15 MHz 的被测信号直接送给单片机计数测频,使频率分辨率降为 1 Hz,大大减小了测量误差。

2.2 放大整形电路

本系统设计的放大整形电路如图 3 所示。输入信号

首先经高精度大带宽运算放大器 OPA690 放大,然后被超快低功耗精密比较器 LM361 整形,最后输出的矩形波信号送入频率测量电路。

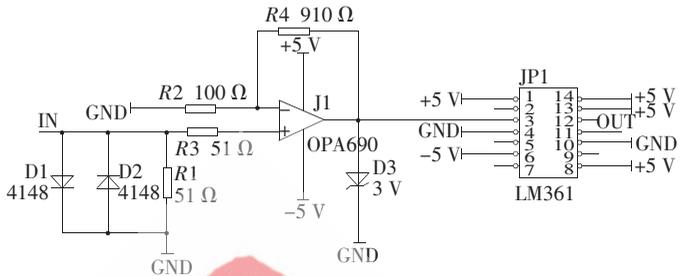


图3 放大整形电路

2.3 频率测量电路

本系统设计的频率测量电路如图 4 所示。

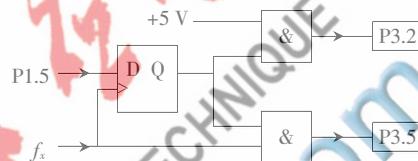


图4 频率测量电路

STC12C5A60S2 单片机的 P1.5 口用来预置闸门脉冲。D 触发器的输出端(Q 端)输出同步化的闸门脉冲,此脉冲经过与门输入到 P3.2,由单片机的计数器 0(计数器 B)精确计数在此脉冲内基准时钟脉冲的个数 N_0 。

被测信号 f_x 同时输入到 D 触发器的 CP 端和与门的输入端,由与门输出端输出到 P3.5 口。P3.5 口的第二功能定义是计数器 1(即计数器 A)外部计数输入脉冲的个数。此时,由计数器 1 计数在同步化的闸门脉冲内被测信号脉冲的个数 N_x 。

2.4 数码管显示电路

本系统采用 8 bit 数码管动态显示电路。该电路不但节约端口资源,而且由于每个时刻只有一个数码管被点亮,因此该显示电路的功耗很小。

3 系统软件设计

本系统的主程序流程图如图 5 所示。由于本系统采用的处理器是单时钟/机器周期(1T)的 STC12C5A60S2 单片机,因此在软件初始化时需设置相应的寄存器,使其工作于真正的 1T。

4 测量结果与误差分析

4.1 测量结果

给电路加 +5 V 电压,通过 NW1640B 调频、调幅函数信号发生器输入被测信号。将所测信号频率与标准输入信号频率比较,记录结果如表 1 所示。

4.2 误差分析

上述测频方法的测量误差公式为:

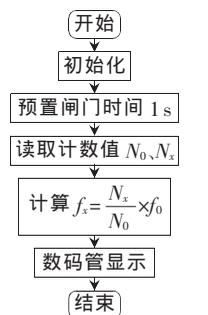


图5 主程序流程图

表 1 频率测量结果及误差

标准信号频率/Hz	测量结果/Hz	绝对误差/Hz	相对误差/%
1	1	0	0
100	99.999	-0.001	-0.001
10 000	10 000	0	0
100 000	100 001	1	0.001
1 000 000	999 999	-1	0.000 1
10 000 000	9 999 997	-3	-0.000 03
15 000 000	15 000 009	9	0.000 06

注:绝对误差=测量值-真实值;相对误差=绝对误差/真实值×100%。

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \pm \left(\frac{T_c}{T} + \left| \frac{\Delta f_0}{f_0} \right| + \frac{0.32}{k} \times 10 - R/20 \right) \quad (2)$$

其中, $R=20\log U_x/U_N$, 为输入被测信号的信噪比, k 为多周期倍率。式(2)中没有对被测信号引起的计数误差, 只有计数器 B 在同步化闸门脉冲内的 ± 1 计数误差, 而且与被测信号的频率无关, 即在整个测量频段上是等精度的。假定输入通道放大器的制作工艺很高, 它所产生的噪声可以忽略不计, 此时触发误差仅由被测信号本身的质量来决定。在评价测量方法时, 只应考虑内因, 而不考虑外因, 也即不考虑式(2)中的第 3 项。以典型数据为例, 基准时钟脉冲的不确定度为 $\Delta f/f_c$, 通常为 $10^{-7} \sim 10^{-9}$ 。假设时钟频率为 10 MHz, 则时钟周期 $T_c=0.1 \mu\text{s}$, 若闸门时间选为 1 s, 则计数器 B 的 ± 1 计数误差仅为 10^{-7} , 由此可见, 上述测频方法的测频精度在整个测量频段上均可达 10^{-7} 量级。

4.3 减小误差的措施

减小误差的措施主要有:

(1) 选用频率较高、稳定性较好的晶振。如选用 32 MHz 的晶振, 不仅可以扩大测频范围, 而且可以提高测频精度。

(2) 适当扩大闸门时间, 可以减少对超低频信号的测量误差。

本系统设计的频率计在 0~16 MHz 的频率范围内具有相同的测频精度和稳定性。本系统充分利用了 STC12C5A60S2 单片机的性能优势, 既简化了电路结构, 又降低了成本, 具有较高的实用价值。

参考文献

- [1] 肖春芳, 韩绪鹏. 基于单片机控制的数字频率计设计[J]. 电子设计工程, 2012, 20(1): 140-143.
- [2] 叶军, 于霞. 基于单片机的频率计设计与实现[J]. 青海大学学报, 2011, 29(2): 12-14.
- [3] 楼然苗, 李光飞. 单片机课程设计指导[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 14-15.
- [4] 刘安芝, 陈尚松, 李楠. 电子仪器仪表设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 3-8.
- [5] 余水宝. 一种精度可预置的高精度测频方法[J]. 浙江师范大学学报, 1995, 18(2): 7-12.

(收稿日期: 2012-04-11)

作者简介:

黄俊, 男, 1987 年生, 硕士, 主要研究方向: 单片机应用与嵌入式系统研究。

余水宝, 男, 1954 年生, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 单片机与嵌入式系统应用, 信号检测与处理。