

CNIC-01318

CAEP-0006

晶振频率自动检测装置

孙进步

(中国工程物理研究院, 成都, 610003)

摘 要

晶振频率自动检测装置是利用微机技术进行程控, 通过多路电子程控开关进行自动切换, 实现一次对多台计数器晶振进行自动检测的装置。按照国家对计数器晶振检定规程的要求编程。把计数器晶振的开机特性、日频率波动、秒级稳定度等主要技术指标的检定, 由原来用手工进行的操作、记录、计算、打印、绘制特性曲线等工作改成由机器完成。

Auto-measuring Instrument with Crystal Oscillator Frequency

(In Chinese)

SUN Jinbu

(China Academy of Engineering Physics, Chengdu, 610003)

ABSTRACT

Auto-measuring instrument with crystal oscillator frequency adopts microcomputer technique to program control. The utilization of multi-route electronic program control switch to auto-switch can test several counter crystal oscillator at one time automatically. The programs used in this instrument are designed in accordance with the national counter crystal oscillator testing regulations. In the instrument design, the author have substituted the old generation product's artificial operating of recording, calculating, print and curve drawing during the main turn-on, date frequency fluctuate, and second stage stability feature measurement with auto machine work.

引言

频差倍增技术在晶振频率检测系统中被广泛地采用, BP-2 型频标比对器就是利用这一技术制成的, 利用频标比对器组成的晶振频率常规检测系统框图如图 1 所示。

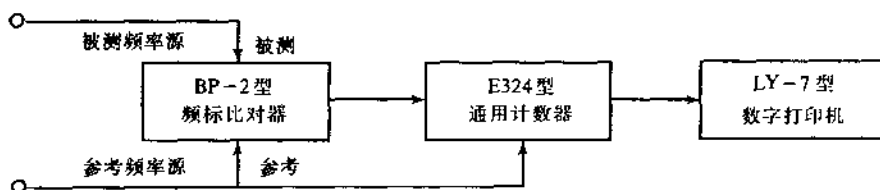


图1 常规检测系统

被测频率与参考频率在频标比对器中进行倍频、混频后, 输出被测频率源的等效频率(被测频率的基频倍增 5 倍, 与参考频率的频差倍增 2000 倍的频率), 等效频率用计数器直接测量, 用数字打印机打印测量结果。

利用微机技术, 通过多路电子程控开关程控常规检测系统, 就构成了自动检测系统, 自动检测系统由 BP-2 型频标比对器、E324 型计数器和晶振频率自动检测装置组成的, 系统框图如图 2 所示。

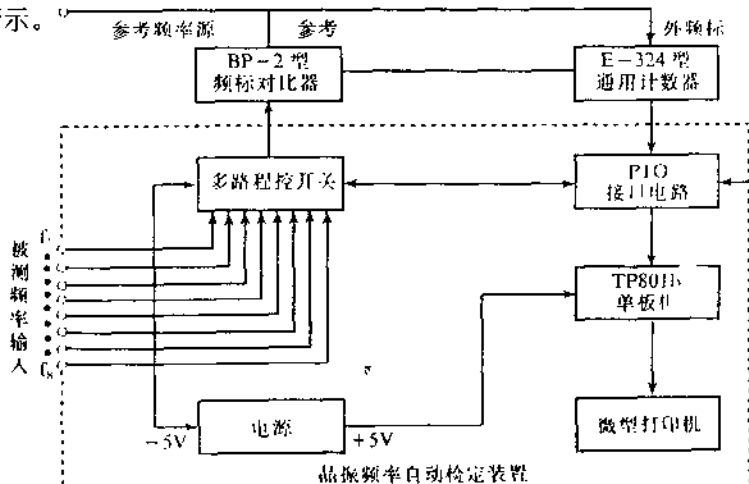


图2 晶振频率自动检定系统框图

晶振频率自动检测装置主要技术指标如下:

- (1) 检定台数: 1~8 台(可扩充到 16 台)
- (2) 被测晶振适应范围: 频率: 5 MHz; 幅度: 0.5~1 V; 阻抗: 50 Ω ; 精度: 优于 1×10^{-7} ;
- (3) 检测项目: 开机特性、日频率波动、秒级稳定度等三项技术指标自动化检测。
- (4) 打印: 开机特性、日频率波动打印频率实际值、指标、特性曲线。秒级稳定度打印指标。
- (5) 测量精度: 频率实际值: $\pm 2 \times 10^{-11}$; 开机特性: $\pm 1 \times 10^{-10}$; 日频率波动: $\pm 1 \times 10^{-10}$; 秒级稳定度: $\pm 1 \times 10^{-11}$ 。

1 结构设计

本装置设计时对提高可靠性给予了充分的重视,在结构和程序设计上都采取了必要措施。因此,该装置结构简单、布局合理、使用、维修方便,性能稳定可靠。它是由多路电子程控开关、微机系统和电源三部分用一号标准机壳装机而成,如图2虚线部分所示。

1.1 多路电子程控开关

多路电子程控开关是用微机控制,实现一次对多台晶振自动转换测量的关键部件,它是将各单路开关的输出端连接在一起组成的,隔离度不高会因互相泄漏影响测量精度,是多路开关的重要指标,也是研究同类技术的主要难点。本装置用程控开关是由场效应管和三级晶体管组成的单稳触发双选通电子开关电路。单路开关电路图如图3所示。

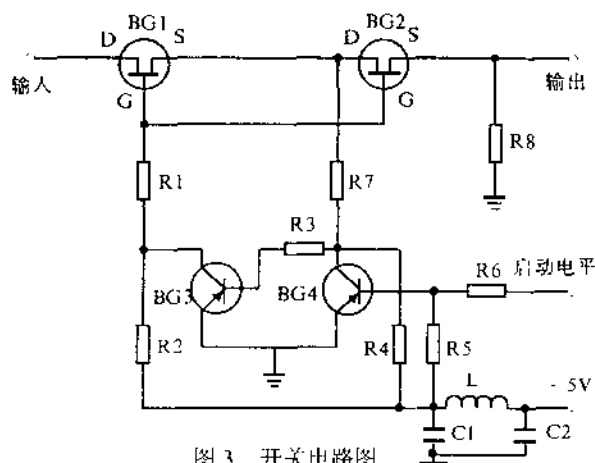


图 3 开关电路图

开关主要技术指标(5MHz 测试): 隔离度 >90 dB; 插入 $_{1,1} < 5$ dB; 适应频率 1~5 MHz; 启动电平 $>+3$ V。

1.2 微机系统

微机系统是由 TP801B 单板机、接口电路、微型打印机构成。微机系统与其他各部分的联系是通过接口电路来实现的,是由三块 PIO 并行接口芯片组成,一块是单板机原带的称 PIO1,在单板上另加两块分别称 PIO2、PIO3。接口电路如图 4 所示。PIO1 的 A 口、

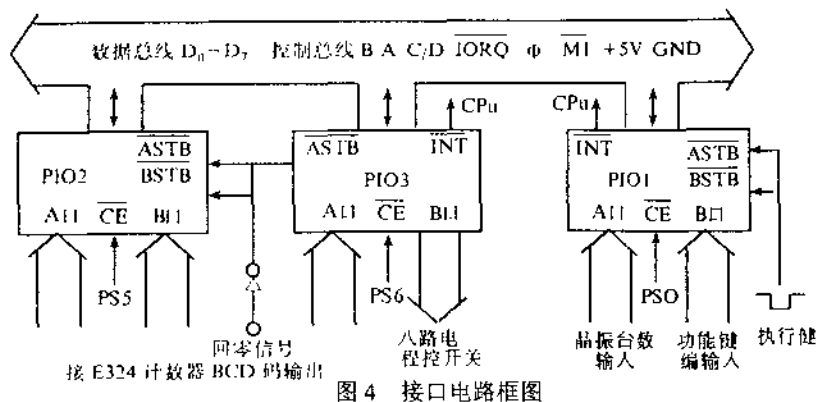


图 4 接口电路框图

B 口皆工作在输入方式, 分别采集被测台数及功能键码功能键码即检测项目(开机特性、日频率波动、秒级稳定度)的编码。E324 计数器显示频率值最反六位数字的 BCD 码输出, PIO3 的 B 口以输出方式工作, 输出+5 V 电平用于控制多路电子程控开关的逐一接通。

1.3 前面板

前面板的布局如图 5 所示。

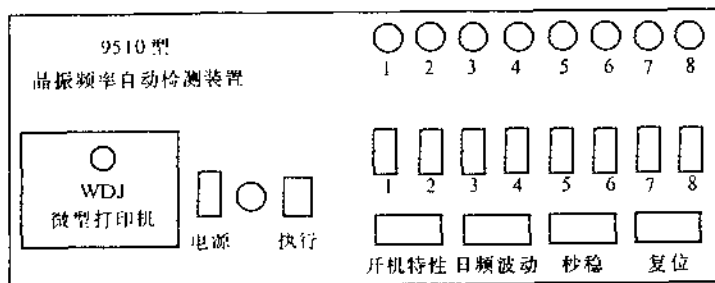


图 5 前面板

2 程序设计

晶振频率自动检测装置的程序设计是按照《计数器晶振检定规程》要求进行设计的, 现将主要程序的编制特点分述如下:

2.1 主程序

当本装置在接通电源后或在复位信号的作用下, 将自动从头开始执行主程序, 主程序框图如图 6 所示。

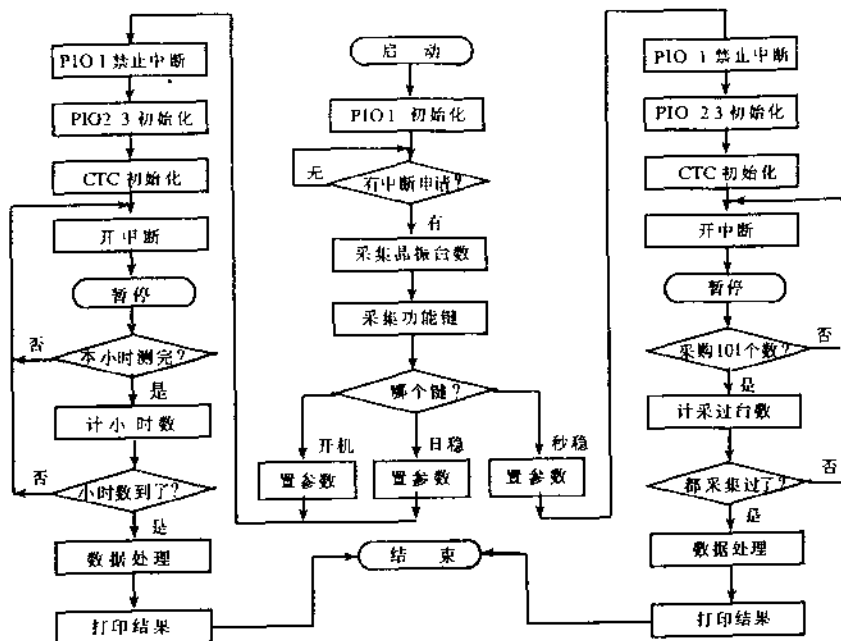


图 6 主程序框图

由于开机特性和日频率波动两项指标，在数据采集和数据处理方法上非常相似，故共用一个程序，只是通过标志位加以区别。

2.2 定时控制

本装置的时间控制信号是由单板机上所带的 Z80-CTC 芯片产生的,用于控制多路电子程控开关每路何时打开、关闭，达到控制各台晶振何时接入系统进行测量之目的。在开机特性和日频率波动的检测中要求每隔一小时测量一次数据，因此就要求有一个准确的、时间间隔为一小时的时间控制信号，这个长时间定时的信号是由 CTC 定时、软件配合的办法得到的。CTC 中断服务程序框图如图 7 所示。

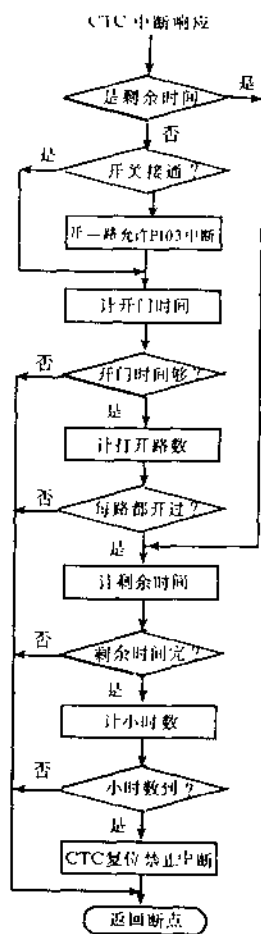


图 7 CTC 中断服务

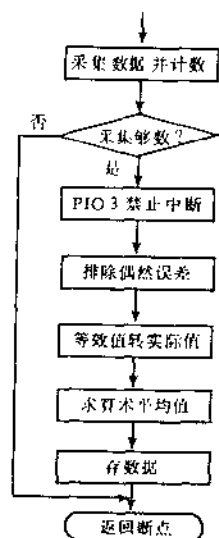


图 8 PIO3 中断服务程序框图

2.3 PIO3 中断服务程序

PIO3 中断服务程序是为开机特性和日频率波动检测时，进行数据采集和数据处理而设计的，其流程框图如图 8 所示。

数据是采集计数器显示的末尾六位数字的 BCD 码，末第六位、第五位（从右数起）数字是判别位，末第六位数字为 9 表明等效频率低于 25 MHz，为 0 等于或高于 25 MHz，

出现其他数字说明晶振频率严重不稳, 作不合格论。末第六位、第五位数字非 98、99、00、01 四种情况数据不采集, 出现这种情况说明晶振频率准确度低于 $-20 \times 10^{-7} \sim +1 \times 10^{-7}$ 范围, 是精度太低或频率不稳造成的, 所以数据不采集, PI03 中断次数不计, 但要计出现的次数, 出现三次即作出标记, 在打印结果时作不合格处理。

在求取 10 次测量平均值的处理中, 加进了排除偶然误差的处理程序, 由于干扰等因素的影响, 在测量中会偶然出现与其他测量数据相差较大的粗大数据, 在手工测量时要把粗大数据剔除, 在机器中为剔除粗大数据采用下述方法, 每路开关在被打开的三分钟内采集的数据由 10 次增加到 12 次, 然后从大到小进行排序, 去掉一个最大值和一个最小值, 粗大数据非大即小很容易补充剔除, 在注取多次测量平均值时, 这些测量数据基本属于正态分布, 这样处理是合理的, 不会影响真正平均值的求得。10 次测量平均值用 (1) 式计算。

$$F = \sum_{i=1}^{10} F_i / 10 \quad (1)$$

式中, F 为等效频率平均值; F_i 为第 i 次测量的等效频率值。

采集的数据为等效频率, 要经过换算才能变成实际频率, 换算公式用 (2) 式表示。

$$f = \frac{(F - 25000) \times 1000}{2000} + f_0 \quad (2)$$

式中, f 为实际频率值; f_0 为标称频率值。

为简化换算处理程序, 当 $F \geq 25$ MHz 时用 (3) 式处理, $F < 25$ MHz 时用 (4) 式处理。

$$f = \frac{F\delta}{2} + f_0 \quad (3)$$

$$f = \frac{F\delta - 1}{2} + f_0 \quad (4)$$

式中, $F\delta$ 为计数末四位显示值。

(3)、(4) 式是 (2) 式的简化形式, 处理时用 (3) 式还是用 (4) 式由判别位判别决定。

2.4 秒级稳定度的处理方法

秒级稳定度用阿仑方差表征, 用 (5) 式计算

$$\sigma = \frac{1}{f_0 M} \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{(F_{i+1} - F_i)^2}{2m}} \quad (5)$$

式中, σ 为秒级稳定度; M 为频差倍增倍数 ($M=2000$); m 为取样组数 ($m=100$); F_i 为第 i 次测量的等效频率值; F_{i+1} 为第 $i+1$ 次测量的等效频率值。

秒级稳定度处理程序框图如图 9 所示。

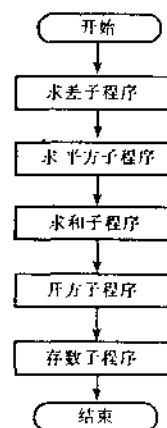


图 9 秒级稳定度处理程序框图

当微机在处理时钟时 $(F_{i+1}-F_i) = \Delta$ 的几种情况作如下规定: (1) $0 \leq \Delta \leq 9$ 时, 令 $(F_{i+1}-F_i)^2 = \Delta$; (2) $10 \leq \Delta < 20$ 时, 令 $(F_{i+1}-F_i)^2 = 99$; (3) $\Delta \geq 20$ 时, 令 $(F_{i+1}-F_i)^2 = 99$ 。

同时计(3) $\Delta \geq 20$ 时出现的次数, 出现 10 次即按不合格处理, 利用这种方法作为秒级稳定度粗大数据处理的一种措施。秒级稳定度是在晶振预热 48h 后, 整机开机的情况下测量, 连续取 101 个数据用(5)式计算。

3 结 论

(1) E324 计数器显示的等效频率精度为 $\pm 1 \times 10^{-11}$ (± 1 个字), 将等效频率换算成实际频率时出现四舍五入问题, 所以计算机打印出的频率实际值精度为 $\pm 2 \times 10^{-11}$, 符合技术指标。

(2) 开机特性和日频率波动两项指标, 计算机打印结果给出小数点后两位数 $\times 10^{-8}$, 精度只达到 $\pm 1 \times 10^{-10}$ 比较的结果符合技术指标。

(3) 秒级稳定度计算机打印结果只给到小数点后一位数 $\times 10^{-10}$, 即精度为 $\pm 1 \times 10^{-11}$, 比较结果符合技术指标。

(4) BP-2 比对器“参考”和“被测”两端同时加上同一个标频时, 打印出的频率实际值为 50 GHz, 日频率波动 $S = 0.00 \times 10^{-8}/24$ d, 表明装置没有发生差错, 说明它是稳定可靠的。

(5) 利用该装置自动检测优于它本身测量精度的晶振, 打印的结果只达到它本身的精度, 也说明该装置是可靠的。

参 考 文 献

- 1 计数器晶振检定规程, 中国计量科学研究院
- 2 孙进步、曲彤, 计数器晶振频率检定的自动化, 四川省电子学会 1986 年论文集第七集