

时间间隔测量在可焊性测试仪校准中的应用

范凤军 祁士青 杨正

(上海精密计量测试研究所 上海 201109)

摘要: 可焊性测试仪是电子元器件在生产过程中筛选复验和装机前进行可焊性测试的仪器,时间参量是可焊性测试仪的重要指标,主要针对可焊性测试仪的试件浸渍持续时间校准方法开展研究,对制造商采用的计数法进行分析后,将时间间隔校准方法应用于元器件可焊性测试仪时间参量校准中,并分析和评定了试件浸渍持续时间的测量不确定度。研究表明,与传统的计数法相比,本文采用的时间间隔测量方法操作简单,可以直观地给出测量结果,解决了可焊性测试仪时间参量的校准问题。

关键词: 计数法;时间间隔测量;可焊性测试仪

中图分类号: TN710 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.5010

The application of time interval measurement in solderability tester calibration

Fan Fengjun Qi Shiqing Yang Zheng

(Shanghai Precision Metrology & Test Research Institute, Shanghai 201109, China)

Abstract: The solderability tester is an instrument which is used to test the solderability of the electronic components during the producing process, screening retests and before loading the system. Time parameter is an important index for solderability tester. Mainly on the specimen dipping duration time for research is discussed. After analysis the traditional counting method, we put the time interval measurement into the calibration for component solderability tester, and assess the measurement uncertainty of specimen dipping duration time. In this paper, the results show that compared to the traditional method, time interval measurement is simpler and more obvious. The problem of calibration for solderability tester is solved.

Keywords: counting method; time interval measurement; solderability tester

1 引言

可焊性测试仪^[1]是一种运用润湿称量法对各类电子元器件、各类低频接插件、插针、插片、线材和导线接端、助焊剂、焊料、焊膏进行可焊性定量检测,对印制板进行可焊性定性分析的测量设备。可焊性测试仪^[2]时间参量的技术要求能否达到标准规范的要求,直接影响到电子元器件可焊性测试的性能。目前针对可焊性测试仪时间参量的校准,元器件专业人士都采用制造商采用的计数法^[3],尚无现行有效的计量技术规范可依。随着科学技术的发展,时间频率专业对时间间隔测量技术的研究和应用越来越广泛^[4-7],为此本文从时间频率参量的角度出发,介绍了时间间隔测量的基本原理及其在元器件可焊性测试仪时间参量校准中的成功应用,解决了可焊性测试仪时间参量的校准问题。

2 计数法校准方法

可焊性测试仪时间参量方面的参数主要有两个^[1],即试件浸渍持续时间和试件浸渍速度,相应的技术要求分别为:0~10 s(分度1 s),误差不大于0.1 s;1~30 mm/s(分度1 mm/s),误差不大于10%。

制造商采用传统的计数法^[3],即利用可焊性测试仪的测试工装,取出启停信号作为电子计数器的计数开门和关门信号,对其内部的5 MHz频标信号进行计数,再计算出所需的时间参量。例如对可焊性测试仪的试件浸渍持续时间测量时,假设电子计数器在启停信号期间测得5 MHz频标信号脉冲个数为 N ,则试件浸渍持续时间为:

$$T = \frac{N}{5 \times 10^6}$$

可见制造商采用的计数法,除了要从可焊性测试仪中取出启停信号作为电子计数器的计数开门和关门信号外,

还要取出其中的 5 MHz 频标信号才能进行测量,并且测量结果必须经过计算才能得到,不能直接显示测量结果。

为了克服上述缺点,本文提出了一种基于时间间隔测量原理的校准方法。

3 时间间隔校准方法

时间间隔测量是时间频率计量中的一个经典的技术方法,应用十分普及。

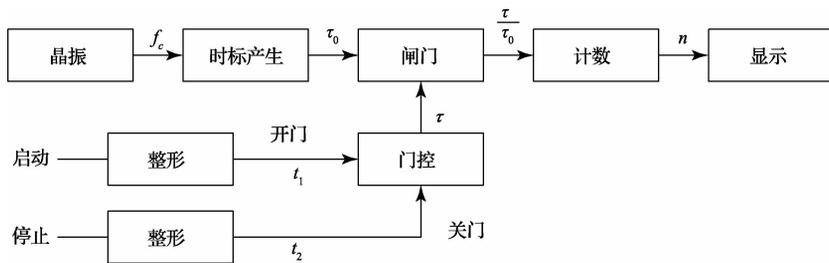


图1 测量时间间隔原理框图

由计数器内装晶振的标准频率 f_c 经分频或倍频^[5],产生 1 ms、100 μ s、10 ns 等标准时标信号 τ_0 ;由被测信号经放大整形后形成开门信号和关门信号,分别在 t_1 时刻和 t_2 时刻经门控电路控制主闸门的打开和关闭,即形成 $(t_2 - t_1) = \tau$ 的闸门时间,在 τ 时间内计数器通过主闸门的 τ_0 的个数 n ,直接显示 Δt 值,见图 2 所示。

$$n = \frac{\tau}{\tau_0} = \frac{(t_2 - t_1)}{\tau_0} = \frac{\Delta t}{\tau_0}$$

$$\Delta t = \tau = n\tau_0$$

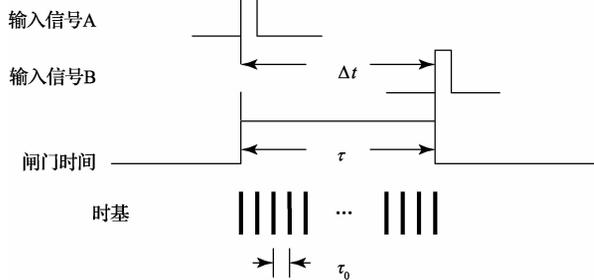


图2 时间间隔测量

利用计数器测量时间间隔的原理,当启动信号和停止信号来自同一个信号源时,比如被测信号的前沿用来开门,后沿用来关门,测得的时间间隔就是脉冲宽度。若后沿用来开门,前沿用来关门,测得的时间间隔就是脉冲空度。

3.2 可焊性测试仪的时间间隔校准方法

通过对计数法的测量原理进行仔细研究^[3],得知测量试件浸渍持续时间恰好符合时间间隔测量原理。从可焊性测试仪的测试工装取出 5 V 的启停信号,利用高分辨率

3.1 时间间隔测量原理

时间间隔测量^[4]是指对参考信号和被测信号之间相位差的测量,各种通用计数器或者时间间隔分析仪都具有测量时间间隔的功能。

计数器测量两个被测信号的时间间隔 Δt ,即在 Δt 形成的闸门时间内,计数器时基产生的标准时标信号 τ_0 的个数,其测量时间间隔的原理框图如图 1 所示。

时间间隔计数器^[6],实现了对可焊性测试仪试件浸渍持续时间的直接测量。

通过示波器观察,输入信号是下降沿触发,电机驱动机械升降产生随机的干扰信号,使得输入信号不是一个纯净的电平信号,叠加了噪声信号,势必会影响到计数器的触发,所以需要设置适当的延时遮蔽来解决这个问题,Agilent 生产的 53132A 恰好具备此功能。时间间隔计数器的一端连接可焊性测试仪的锡面,另一端接地,设置下降沿触发并采用适当的延时遮蔽和触发电压,可以高精度地测量出试件浸渍持续时间, $T = \tau = n\tau_0$,如图 3 所示。

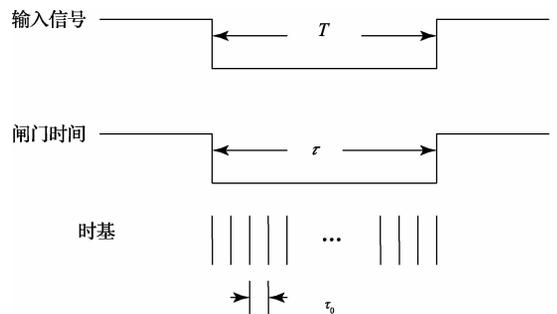


图3 试件浸渍持续时间测量原理

对于试件浸渍速度,通过改变试件插入深度以及测量相应的试件浸渍持续时间,利用相关的物理知识,可以计算出试件浸渍速度 v 为:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

式中: Δs 、 Δt 分别为试件插入深度和试件浸渍持续时间的变化量。由于时间变化量相对很短,所以假设试件作匀速直线运动。

4 实验数据比较

实验数据主要针对可焊性测试仪的试件浸渍持续时间进行了比较,如表1和表2所示。

表1 计数法实验数据

试件浸渍持续时间(技术要求:≤±0.1 s)			
设置值/s	脉冲个数 N	实测值/s	误差/s
3	1.536×10^7	3.07	-0.07
5	2.491×10^7	4.98	0.02
10	4.960×10^7	9.92	0.08

表2 时间间隔法实验数据

试件浸渍持续时间(技术要求:≤±0.1 s)		
设置值/s	实测值/s	误差(s)
3	3.05	-0.05
5	4.99	0.01
10	9.93	0.07

从表中可以看出,时间间隔校准方法可以直观的给出试件浸渍持续时间,是一种实用、有效的校准方法。

5 测量不确定度评定

现以试件浸渍持续时间 10 s 为例,对时间间隔校准法进行不确定度评定^[8]。根据测量原理,试件浸渍持续时间由时间间隔计数器直接测量得到^[9],因此其测量不确定度主要由三部分组成,即时间间隔计数器本身的固有误差、测量重复性误差以及有效位取舍误差^[10]。

5.1 固有误差

计数器固有误差也是由三部分组成,即时基误差、分辨力误差和触发误差。

1) 时基误差

时基频率准确度引入的分量 u_{B1} : 已知所用时间间隔计数器内部晶振的频率准确度为 1×10^{-7} , 按均匀分布计算, 得 $u_{B1} = \frac{1 \times 10^{-7}}{\sqrt{3}} = 5.77 \times 10^{-8}$ 。

2) 分辨力误差

分辨力引入的分量 u_{B2} : 计数器测量 10 s 时间间隔时的分辨力为 1 ns, 于是半区间为: $a = \frac{1 \times 10^{-9}}{2 \times 10} = 5 \times 10^{-11}$, 按均匀分布计算, 得 $u_{B2} = \frac{5 \times 10^{-11}}{\sqrt{3}} = 2.89 \times 10^{-11}$ 。

3) 触发误差

触发误差引入的分量 u_{A1} : 为了评估跳变沿信号在时间间隔测量中产生的触发误差, 用函数信号发生器模拟一个相应幅度的负脉宽信号, 由时间间隔计数器进行多次测量得到表3所示数据。

表3 10 s 触发误差实测值

测量次数	1	2	3	4	5	6
实测值/s	10.00001	9.99999	9.99998	10.00002	10.00001	10.00001

由极差法计算得 $u_{A1} = \frac{10.00002 - 9.99998}{2.53 \times \sqrt{6} \times 10} = 6.45 \times 10^{-7}$ 。

5.2 重复性误差

测量重复性引入的分量 u_{A2} : 对试件浸渍持续时间 10 s 连续测量结果如表4所示。

表4 试件浸渍持续时间 10 s 实测结果

测量次数	1	2	3	4	5	6
实测值/s	9.930	9.927	9.933	9.931	9.929	9.928

由极差法计算得 $u_{A2} = \frac{9.933 - 9.927}{2.53 \times \sqrt{6} \times 10} = 6.68 \times 10^{-5}$ 。

5.3 有效位取舍误差

有效位取舍引入的分量 u_{B3} : 实测结果的有效位的取舍是 10 ms, 于是半区间为: $a = \frac{10 \times 10^{-3}}{2 \times 10} = 5 \times 10^{-4}$, 按均匀分布计算, 得 $u_{B3} = \frac{5 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 2.89 \times 10^{-4}$ 。

合成标准不确定度 $u_c = \sqrt{u_{A1}^2 + u_{A2}^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2} = 3.0 \times 10^{-4}$, 扩展不确定度 $U = 2u_c = 6.0 \times 10^{-4}$; $k = 2$ 。

根据技术要求和实测结果, 以及测量不确定度与测量结果末位对齐的规则, 本文给出 10 s 的扩展不确定度为: $U = 1 \times 10^{-3}$, $k = 2$ 。

6 结 论

本文提出的基于时间间隔原理的校准方法, 与传统的计数法相比, 操作简单, 并且可以直观地给出测量结果, 成功替代了制造商采用的计数法, 解决了可焊性测试仪时间参量的校准问题。

参 考 文 献

- [1] 魏泽鼎, 李志阔, 刘慧丽, 等. 干法测量电子元件引线的可焊性[J]. 电子元件与材料, 2011, 30(1): 72-74.
- [2] 李承虎, 邹文忠. 元器件可焊性测试技术研究[J]. 企业技术开发, 2014, 33(7): 38-39.
- [3] 王俊博. 计数器在数字电路中的应用[J]. 硅谷, 2014(23): 111-113.
- [4] 杨志强, 宋跃. 一种高精度时间间隔计数器的校准方法[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(5): 21-24.

(下转第25页)