

# 电子设备环境温度试验方法的研究

金慧琴 王好同 周新力

(海军航空工程学院 通信与导航教研室, 山东烟台 264001)

**【摘要】**电子设备的高低温试验是电子设备生产定型的依据之一,在实际应用中单纯的高低温试验并不能完全体现出电子设备对环境温度的适应性,因此必须进行整个环境温度的适应性试验。本文根据电子设备环境温度试验中出现的问题,提出了电子设备环境温度试验的方法,此方法同样适用于电子设备的维修。

**关键词:**电子设备 环境温度 工作温度 失效温度

## Test Method Research of Ambient Temperature for Electronic Equipment

Jin Huiqin Wang Haotong Zhou Xinli

(Naval Aeronautical Engineering Academy, Shandong Yantai 264001)

**Abstract:** High and low temperature test is one of the foundations of electronic equipment customization. Simple high and low temperature test cannot reflect the electronic equipment adaptability for ambient temperature. Adaptability test of ambient temperature must be done. The test method of electronic equipment ambient temperature is proposed on the basis of trouble in the electronic equipment test in this paper. This method can be applied to the maintenance of electronic equipment similarly.

**Key words:** Electronic equipment, ambient temperature, working temperature, failure temperature.

## 1 引言

我国国家军用标准《军用电子设备环境试验方法》中,对电子设备的高低温试验进行了详细的说明和规定;电子设备的总师单位(或用户)亦对电子设备使用环境的高低温范围给出了具体的要求,如:环境温度  $-45 \sim +55$  (保证精度)、 $-55 \sim +70$  (工作正常无故障)等。在进行环境温度试验时,通常是将接受试验的电子设备置于高温(最高温度)或低温(最低温度)环境试验箱中,在非工作状态下达到温度稳定,然后启动电子设备工作,直至试验电子设备的温度达到稳定或达到有关标准或技术文件的规定,然后考察电子设备的性能<sup>[1]</sup>。但在实际应用过程中,由于电子设备设计的不周或选用的元器件性能存在离散性,会出现在某一特有温度时电子设备失效的情况。因此设计人员,在电子设备试验时除进行要求的高低温试验外,还应根据电子设备的特点进行适当的温度变化速率的试验,以考察电子设备在整个温度范围内的适应性。

## 2 环境温度试验中出现的问题及解决办法

根据用户提出的环境温度试验要求和国军标的规定,对新研制的某型电子设备进行了温度

本文于 2001 年 1 月收到。金慧琴:讲师;王好同:副教授;周新力:副教授。

试验,按要求:高温 +55 (保证精度)、+70 (工作正常无故障);低温 -45 (保证精度)、-55 (工作正常无故障)。按上述要求对该设备进行试验,结果表明电子设备工作状态良好。为考察该电子设备在整个环境温度范围内的适应性,遂又进行了温度变化速率为 10 /min 的温度渐变试验,发现温度为 -21 ~ -22 和 +38 ~ +39 时电子设备的某些功能出现失效。

### 2.1 温度试验中比较器电路的失效

#### 2.1.1 比较器产生振荡的原因

该电子设备中,采用了比较器电路,在比较电压缓慢变化,且比较电压与基准电压接近(相差十几毫伏~几十毫伏)时,由于在电路板的设计加工过程中,或者由于电路板本身的原因,存在着杂散耦合,这时比较器将输出一振荡电压。这种情况如图 1 所示。

在  $0 \sim T_1$  段,比较电压小于基准电压,比较器的输出为一稳定的低电平。在  $T_1 \sim T_0$  段比较电压接近于基准电压,尽管比较电压低于基准电压,但由于杂散耦合电压的影响,将使比较电压在某一时刻超过基准电压,使比较器的输出转换为高电平。由于杂散耦合电压是随机信号,其峰值持续的时间较短,比较器在杂散耦合电压峰值之后又恢复到低电平,如此往复使比较器的输出变成振荡波形。在此期间由于比较电压低于基准电压,比较器的输出形成低电平宽度大于高电平宽度的波形。在  $T_0$  时刻比较电压与基准电压相等,比较器的工作状态主要受控于杂散耦合电压,输出为与杂散耦合电压的波形相同的振荡波形,在此期间比较器的输出波形,是比较电压杂散耦合与基准电压杂散耦合共同作用的结果<sup>[3]</sup>。

在  $T_0 \sim T_2$  段比较电压略大于基准电压,由于其差值较小,杂散耦合的电压值仍对比较器的工作状态起作用,故其输出依然保持振荡,此时由于比较器的比较电压大于基准电压,比较器的输出形成高电平的宽度大于低电平宽度的波形。在  $T_2$  以后,比较电压远大于基准电压,杂散耦合电压已不能控制比较器的状态变化,比较器输出稳定的高电平。在  $T_1 \sim T_2$  段比较电压的变化范围是十几毫伏~几十毫伏。

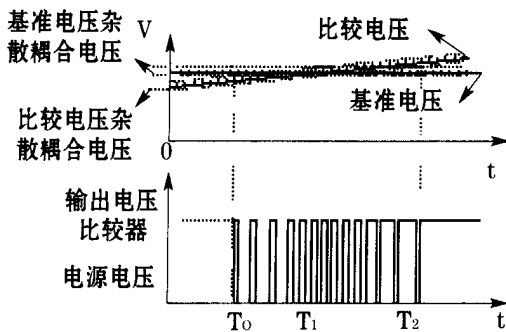


图 1 比较器的振荡波形

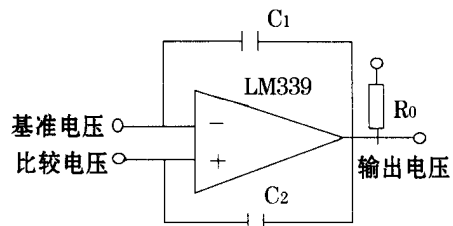


图 2 电容反馈比较器

#### 2.1.2 消除比较器振荡的方法

关于消除比较器振荡的方法较多,在本电子设备中采用了如图 2 所示的电路结构:

实践证明,该电路是一种有效的方法,特别适用于要求其迟滞特性很小、且比较器输出电压对电路中电压影响小的电路。

#### 2.1.3 温度试验中比较器的失效

上述比较器在电子设备的高温 and 低温时均工作正常,而在进行渐变环境温度适应性试验中,发现比较器在低温温度为 -21 ~ -22 范围内出现振荡。根据试验结果,对电容量 - 温度和

电容量 - 频率的实验数据进行曲线拟合,如图 3 和图 4 所示。分析发现电容变化率 - 温度曲线和电容变化率 - 频率曲线对电路的工作情况影响明显,由图 3 分析可知,在环境温度变化时,特别是在  $-21 \sim -22$  范围内,电容量随温度的变化处于不稳定的状态,因此  $C_1$  和  $C_2$  的变化趋势是不确定的,当两电容的变化趋势处于相反方向时,破坏了正常的匹配关系;由图 4 分析可知,在环境温度变化时电路的随机噪声频率将随之发生变化,从而使通过  $C_1$  和  $C_2$  的噪声频率的变化量不同,由此使电容量的变化出现不同的变化,改变了  $C_1$  与  $C_2$  正常的匹配关系。从上述分析可知,造成比较器在  $-21 \sim -22$  范围内产生振荡的主要原因是电容器的容量,环境温度的变化引起电容量变化,包括温度变化对随机噪声频率的影响使电容量发生变化,电容量变化的不确定性造成在某一特有温度条件下比较器出现振荡(即失效)。在对电容器  $C_1$  和  $C_2$  进行了必要的调整后,比较器的振荡现象消失。

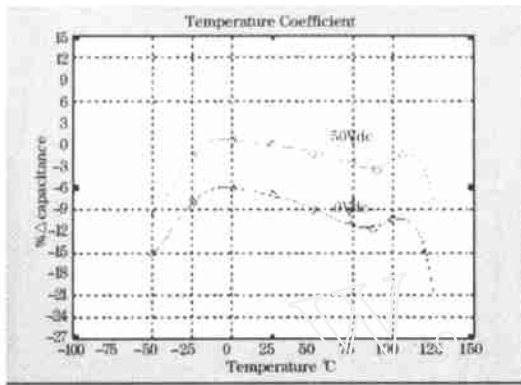


图 3 电容变化率 - 温度曲线

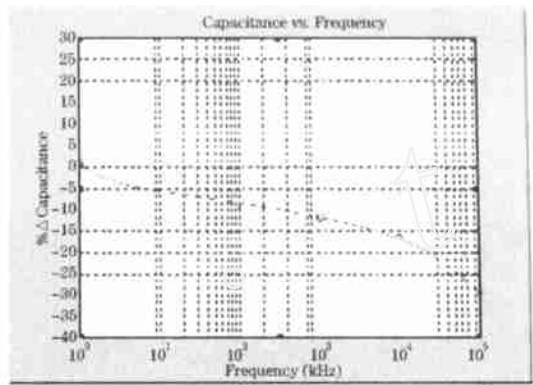


图 4 电容变化率 - 频率曲线

## 2.2 集成电路的失效

在进行环境温度渐变的电路适应性试验中,还发现当温度在  $+38 \sim +39$  范围内 AD574AT 集成电路失效,并且同一批号的 AD574AT 电路均有此现象存在。在进行了另一批号的 AD574AT 电路更换之后,该电子设备一切正常。试验说明,同一批的集成电路可能由于制造工艺方面的问题,使其在某一特有的温度范围内失效。

经过对该设备的调整和对其进行的整个环境温度适应性试验的结果表明,该设备工作正常,并顺利地通过了权威机构的各项例行试验,投入使用一年多没有出现过任何问题。

## 3 环境温度渐变试验的方法

综合上述两个例子说明,电子设备进行环境温度试验时,不但要考察其在高温(即使用环境最高温度)和低温(即使用环境的最低温度)条件下的运行情况,同时还应考察电子设备在要求的整个环境温度范围内电子设备的适应情况<sup>[2]</sup>,以确定电子设备在环境温度范围内的适应性。试验时应结合高低温试验同时进行,如图 5 所示。

图中

$T_0 \sim T_1$  的时间可以根据国军标中的要求调整其温度变化速率;

$T_1 \sim T_2$  段可以根据国军标的要求选择适当的时间;

$T_2 \sim T_3$  段可以根据电子设备的具体情况确定适当温度变化速率;

$T_3 \sim T_4$  段可以根据国军标的要求选择适当的时间；

$T_4 \sim T_5$  段可以根据电子设备的具体情况选择与  $T_2 \sim T_3$  相同的温度变化速率；

$T_5 \sim T_6$  段可以根据国军标的要求选择适当的时间；

$T_6 \sim T_7$  为电子设备温度的恢复时间,可根据国军标的要求选择适当的时间。

在上述各试验温度范围内,应实际考察电子设备的工作性能,由于整个试验需要的时间很长,可利用计算机检测技术对所检测的参数进行检测,并由计算机绘制出时间—性能(电压、电流等)参数曲线,如图 6 所示:

图中的  $V_1$  和  $V_2$  即表示电子设备的失效点,由此失效点可查出电子设备相应的工作温度,并可进行进一步的试验,以确定失效点的确切温度达到了试验目的。

由于国军标对高低温试验时的转换时间有一定的要求,在这种情况下可在完成上述试验的前提下,再按国军标的要求进行相应的高低温试验。

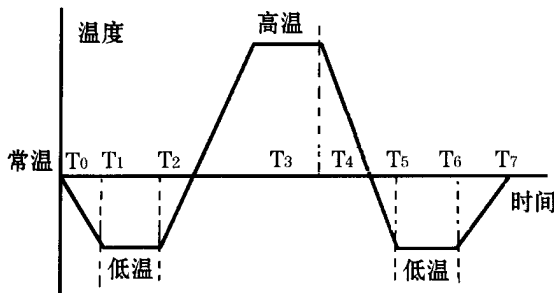


图 5 试验温度曲线

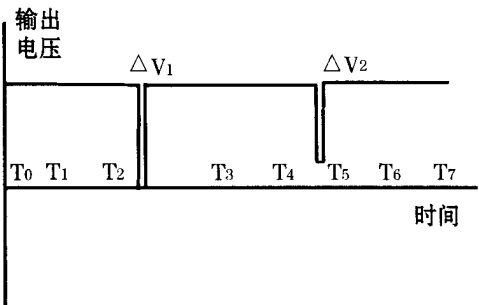


图 6 时间—性能特性曲线

### 4 渐变环境温度试验在电子设备维修中的应用

考察电子设备在要求的整个环境温度范围内电子设备的适应情况,以确定电子设备在环境温度范围内的适应性,在电子设备的维修工作中有其特殊的意义。

有些电子设备,如机载电子设备、车载电子设备、舰载电子设备等,由于使用环境比较恶劣,如在地面环境温度为 30 的情况下,到了高空其环境温度可能降低到 - 20 以下;在我国南方,地面温度为 30 的情况下,到了东北地区地面气温可能已降到 0 以下。电子设备在温差很大,且渐变相对缓慢的环境中使用,可能会在某一特有温度条件下失效,而在地面(即常温条件下)电子设备的工作正常,使故障的判断和排除无从着手,在这种情况下除应考虑电子设备的其他可能(如接触不良)情况外,电子设备的使用环境温度也是不可忽视的一个方面,因此应详细询问电子设备使用者设备出现故障的时机,尤其是环境温度等地面常温下所不具备的条件,在地面对其使用环境进行模拟试验,从而找出出现故障的确切原因。由此将给电子设备的研制、生产、试验、维护、修理带来很大的指导意义。

对特殊条件下使用的电子设备(如武器平台使用的电子设备、救生用电子设备等),由于其使用环境复杂、条件恶劣,对其进行研制、生产、试验和验收,更应注重利用渐变温度考察其在整个环境温度范围内的适应性。

## 参 考 文 献

- [1]中华人民共和国国家军用标准—军用设备环境试验方法,1987.1.  
 [2]美国航空无线电技术委员会标准—机载设备环境条件和试验方法 1993.1.  
 [3]王好同,金慧琴,袁华廷,消除比较器振荡的方法,海军航空工程学院学报,1999.2.  
 [4]蒙以正,MILAB5.X应用与技巧,科学出版社,1999.8.



## 作 者 简 介

金慧琴:女,1964年出生,浙江杭州人,海军航空工程学院电子工程系在读博士,主要从事通信和导航方面的教学和研究工作。

金慧琴

王好同:男,1958年8月生,大学毕业。现任海军航空工程学院通信与导航教研室副教授,长期从事通信与导航专业的教学、科研和电子设备的研制及维修工作。

(上接 16 页)



蔡 伟



李 敏

## 作 者 简 介

蔡伟:男,1974年3月生,第二炮兵工程学院机电工程系博士研究生,研究方向为智能检测与系统仿真,共发表科技论文10余篇。

李敏:女,第二炮兵工程学院计算机系讲师,硕士。

黄先祥:第二炮兵工程学院机电工程系教授,博士生导师,中国工程院院士。

(上接 39 页)



## 作 者 简 介

郭继昌:1988年7月毕业于南京理工大学,1993年3月获硕士学位,现在天津大学电子信息工程学院工作。感兴趣的研究领域有滤波器设计、第三代移动通信系统关键技术等。参加了多项国家自然科学基金项目及天津市自然科学基金项目。