

· 电路与控制 ·

无专用测试接口设备的TPS设计

王 建, 高 莹

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300000)

摘 要: 针对无专用测试接口的设备进行TPS测试时单个现场可更换单元故障隔离率低的问题, 采用测试信号并行引出技术, 开发现场可更换单元的测试适配板等测试硬件, 将现场可更换单元的测试信号并行引出到自动测试设备进行测试分析, 高可靠地实现了单个现场可更换单元的故障隔离; 同时对信号并行引出带来的测试信号失真问题, 在测试程序中采用动态库数据解析技术, 提高了测试信号参数解析的准确率。

关键词: TPS; 现场可更换单元; 专用测试接口; 并行引出

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-03-0045-04

Test Program Set Design for Equipment without Special Test Interface

WANG Jian, GAO Ying

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China)

Abstract: According to the problem of low fault isolation rate for single line replaceable unit (LRU) during test program set (TPS) testing of the equipment without special test interface, test signal parallel extraction technology is adopted. Test hardware such as test adaptation module of LRU is developed. The test signal from LRU is parallel extracted to automatic test equipment to perform test analysis, and signal LRU fault isolation is reliably realized, while the problem of test signal distortion from signal parallel is solved using dynamic library data analytic technology in test programs. And the accuracy of test signal parameter analytic is improved.

Key words: test program set (TPS); line replaceable unit (LRU); special test interface; parallel extraction

随着科学技术的发展, 航空航天设备、军用武器系统等高技术产品的复杂程度日益提高, 传统的人工检测维护手段已经无法满足现代化装备的支持保障要求^[1], 自动测试系统(ATS)正逐步成为复杂系统与设备可靠运行的必要保证。ATS主要包括自动测试设备(ATE)、TPS开发管理软件及TPS, 基于ATS进行被测单元(UUT)测试程序集(TPS)的开发, 用TPS对UUT进行自动测试, 是目前国际上较为先进的手段, 具有操作简单、故障覆盖率高、故障定位精度高的特点^[2]。一般的基于ATS测试的UUT在设计之初, 根据设备特性和测试要求, 会预留专

用测试接口, 通过专用测试接口将所需测试信号引出到UUT外部与ATE连接, 通过解析测量结果及一系列逻辑判断步骤来完成UUT性能测试和故障隔离^[3]。有些UUT在设计之初没有预留专用测试接口, 这样的设备在利用ATS进行故障检测和隔离现场可更换单元(LRU)时, 只能借用UUT原有的接口, 而原有接口信号一般很难实现对单个LRU的隔离。介绍一种无专用测试接口设备TPS开发方法, 在测试硬件开发中, 采用信号并行引出技术对UUT内无法单个隔离的LRU设计测试适配板, 将隔离单个LRU所需的测试信号通过测试适配板的专用测

试接口引出,解决了通过原有接口信号很难实现对单个LRU隔离的问题。提高了被测单元的故障检测率及单个LRU的故障隔离率;在测试程序开发中,采用动态库数据解析技术,编写动态链接库,通过在TP中调用该动态链接库,解决了信号并行引出带来的测试信号失真问题,提高了测试信号参数解析的准确率。

1 设计方案

1.1 设计思路

由于一些陈旧装备在设计之初对UUT信号接口设计只考虑了功能的需要,没有考虑UUT性能检测和LRU的故障隔离的需要,没有对相关检测信号进行有针对性的引出和预留并设立专用的测试接口。因此如果UUT内需要隔离的LRU数量大于一个,且各LRU之间信号相关性比较强,由于UUT原有的信号接口可测试信号不足以用来对单个LRU的故障进行准确定位和隔离,因此针对无专用测试接口UUT的TPS设计,解决了隔离单个LRU所需测试信号不足的问题,需要在不改变原有设备结构及功能,确保UUT正常工作的前提下,设计出满足测试隔离所需的专用测试接口。因此在测试硬件设计过程中,采用测试信号并行引出技术,设计LRU测试适配板,在LRU的关键信号通道上利用测试适配板设置专用信号并行引出点,将LRU需要的激励信号及需测量的关键信号测试适配板上的专用测试接口引出到自动测试设备进行测量分析,由此来准确隔离单个LRU的故障。

1.2 TPS组成

TPS主要包括测试程序(TP)、测试硬件及TPS文件^[4]。测试硬件主要包括测试适配器、测试附件(包括测试适配板、辅助测量装置等)、测试电缆等。各组成部分主要功能如下:(1)测试程序描述测试连接关系和面向信号的可执行测试流程。测试连接关系包括硬件的物理连接关系和信号的逻辑连接关系。测试流程从功能上来说包括性能检测和故障隔离两部分,从结构上来说是由一条条测试步骤通过逻辑组合而成。测试步骤包括提示性步骤、信号获取步骤、信号分析判断步骤等,逻辑结构包括循环、

判断、分支结构、跳转等;(2)测试适配器用于被测设备中测试/激励信号的转接和分配;(3)测试附件主要包括针对无专用测试接口设备开发的信号转换用的测试适配板及一些辅助测量装置;(4)测试电缆提供从UUT到ATE的信号传输的物理链路;(5)TPS文件包括测试说明文档和辅助数据资料,是测试程序集开发和说明的必需文字信息^[5]。TPS组成如图1所示。

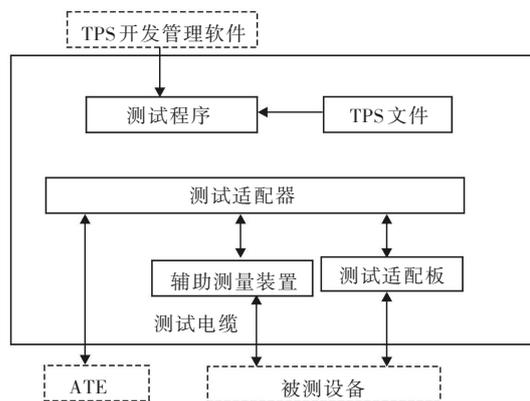


图1 TPS组成

2 主要关键技术

2.1 测试信号并行引出技术

为了提高UUT内单个LRU的故障隔离率,需要为被测LRU设计专用测试接口^[6],采用并行信号引出技术,设计开发测试适配板,将被测LRU上测试所需的信号并行引出到测试适配板上,形成专用测试接口,将此专用测试接口通过测试电缆与ATE连接^[7],来完成对被测LRU的故障隔离。需要注意的是,由于测试适配板引入的UUT,各种电磁干扰、长线串扰等会通过测试适配板不可避免地被引入到原有的电路中,因此测试适配板的设计要充分考虑电磁兼容性设计,不但要确保不影响原LRU的功能,还要将干扰引起的测试信号失真水平降到最低。

对于插接在母板的LRU,设计的测试适配板可采用LRU与母板转接板;没有母板的LRU,可以在测试适配板上设计输入/输出接口转换装置。测试适配板信号并行引出示意图如图2所示。

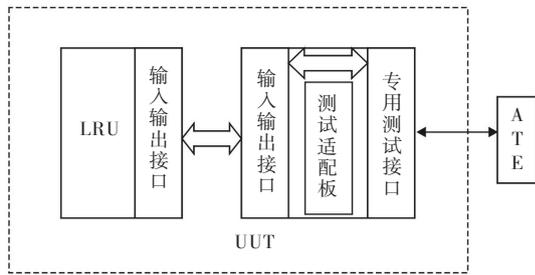


图2 测试适配板信号并行引出示意图

2.2 动态库数据解析技术

在利用虚拟仪器对测试信号进行采集、解析、测量过程中^[8],会遇到如下问题:(1)对部分关键信号采集、测量、分析过程中,数据量大,解析时间长;(2)采用测试适配板并行引出的测试信号由于被测设备电磁环境,电子系统本身噪声干扰等引起的波形失真、毛刺等,严重影响了对测试波形的频率、峰峰值等参数的测量。

采用VC++语言编写动态链接库,测试程序编写过程中通过对该动态链接库的调用来完成如下任务:(1)对大量数据解析的任务,达到提高了软件运行效率,节省测试隔离时间的目的;(2)通过二值化、软件滤波、参数解析等步骤完成对测试信号参数的正确解析。以频率1 kHz,峰峰值5 V,占空比50%方波信号为例,方波经ATE的总线仪器A/D采集转换成数字信号存储到主控计算机的缓存区,采样频率100 kHz,缓冲区大小至少要采集3个周期波形数据,也就是至少要采集300个点的数据进行解析。数据解析主要分三步:

(1)二值化:将缓存区的数据依据设定的门限,进行0,1二值化,门限设为2.5 V。VC++语言编程语句如下:

```
for(i=0;i<datalen;i++)
{
    if(data[i]>2.5)//门限设为2.5V
        zeroonedata[i]=1;
    else
        zeroonedata[i]=0;
}
```

(2)软件滤波:二值化的数据进行滤波处理,将波形因失真和毛刺丢失的点补上,将多余的点去掉,滤波前后波形对比示意图如图3所示。

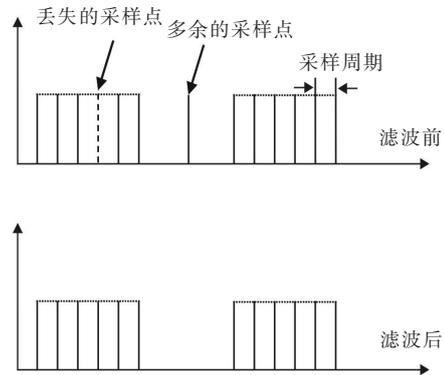


图3 滤波前后波形对比示意图

滤波过程VC++语言编程语句如下:

```
unsigned long bhnum=0;
for(i=unsigned long(cyfre/(2.*zbfre*1.1));i<datalen;i++)
{
    if(zeroonedata[i]==zeroonedata[i-1])
    {
        bhnum++;
    }
    else if(zeroonedata[i]!=zeroonedata[i-1])
    {
        if(bhnum<(cyfre/(4.*zbfre*1.1)))//滤波
        {
            bhnum++;
            for(j=1;j<bhnum+1;j++)
            {
                zeroonedata[i-j]=zeroonedata[i];
            }
        }
        else
            bhnum=0;
    }
}
```

(3)参数解析:根据采样频率及预设周期,找出被测波形的最大值及最小值,依据最大值及最小值计算出周期、频率及峰峰值等相关测量参数,被测波形周期及峰峰值如图4所示。

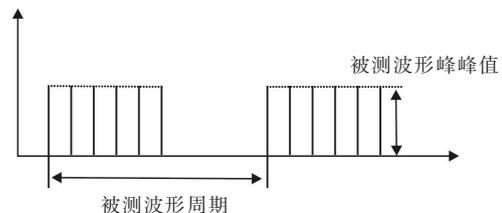


图4 被测波形相关测量参数

3 TPS 开发过程

开发过程包括 TPS 文件编写、ATE 硬件配置和测试程序编写三个阶段^[9],如图 5 所示。

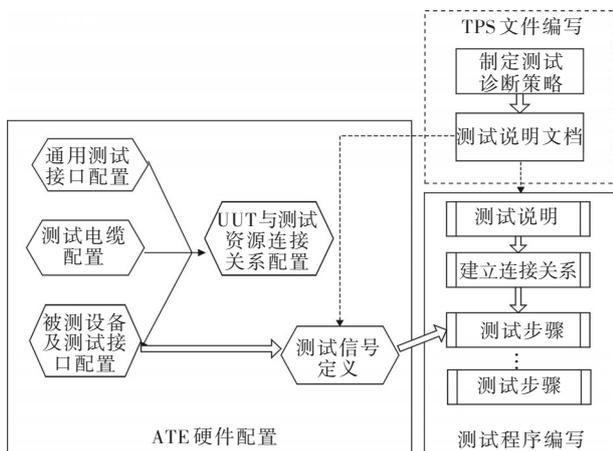


图 5 TPS 开发

(1) TPS 文件编写

依据被测单元的电气结构、工作情况、测试接口等制定详细的测试诊断策略,按照标准的内容和格式要求编写测试说明文档。测试说明文档中对测试资源的需求一般应限于 ATE 提供的测试能力范围之内,如有超出,应详细注明并提出所需测试仪器建议。TPS 文件是测试程序开发的依据。

(2) ATE 硬件配置

ATE 硬件配置包括测试适配器配置、测试电缆配置、被测设备接口配置、连接关系配置以及测试信号定义等。

(3) 测试程序编写

测试说明主要对被测装备进行简要介绍,测试策略、测试过程、测试环境和注意事项进行说明,使测试人员对测试程序有一定的了解;建立连接关系用于提示本次测试用到的适配器、测试电缆的型号以及连接关系,避免测试人员错误连接;测试步骤是测试程序编写主体部分,是由按照一定的逻辑(串连、循环、跳转、分支等)组合而成的。测试步骤的详细描述应由 TPS 文件提供。TPS 开发人员按照被测设备对应的 TPS 文件,在 TPS 开发管理软件管理下将测试步骤逐步编写完成。测试程序的编写是基于 NI LabVIEW 软件架构,通过简单的程序编写,实现真实波形的发生或采集^[10],最终完成对 UUT 的测试和故障隔离。测试程序流程如图 6。

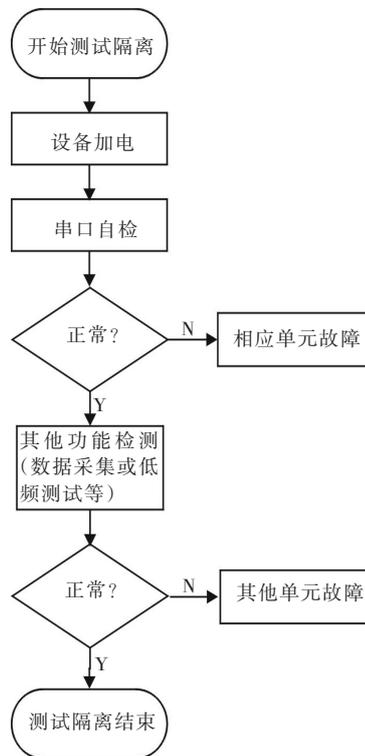


图 6 测试程序流程

最后对测试程序应进行仿真调试,确认测试程序软件构件正确性。仿真调试主要通过任务执行过程中查看变量值的方式来进行任务的调试,可在程序中设置调试变量、设置断点,进行单步、连续、分段执行等多种调试,以验证开发完成的任务,特别是任务节点中某些条件设置、计算公式、跳转设置的正确性。

4 结束语

上述 TPS 设计方法应用在某型装备 TPS 测试中,在对存在多个现场可更换单元的被测单元进行性能测试及故障隔离过程中,通过设计测试适配板,实现了对被测单元单个现场可更换单元的故障隔离,故障隔离率达到 100%。通过使用这种方法对无专用测试接口设备的 TPS 开发研究,表明在利用外部自动测试对设备进行故障隔离过程中,在确保被测单元正常工作的前提下,采用测试信号并行引出技术对单个现场可更换单元的输入、输出信号并行引出到自动测试设备进行测量分析,可以很好地解决一些无专用测试接口的设备对单个现场可

(下转第 61 页)

3 结 论

经过 MATLAB 处理过的灰度图,会有部分偏振光变成圆偏振光或椭圆偏振光。椭圆偏振光可以部分通过偏振光轴向检测片,但没有圆偏振光通过的光通量多,通过分析四个亮点来评价径向偏振光的质量。偏振光首先为径向偏振光,径向偏振光是轴对称偏振光,同过检测四个点的光强的比值,来检测径向偏振光的轴对称性,当完全是轴对称时,四个点的光强应该完全相等,但是如果轴对称效果不好时,则四个点的光强不同。如图 8 第一幅图中,四个点的光强比为 40:37:38:35,证明所得到的径向偏振光质量良好,验证了该方法的有效性和实用性。该实验装置结构简单、价格低廉、便于使用等优点,具有更为广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 唐若愚,于国萍,王晓峰.自然光照下偏振度图像的获取方法[J]. 武汉大学学报,2006.
- [2] 王新,王学勤,孙金祚.基于偏振成像和图像融合的目标识别技术[J]. 激光与红外,2007.
- [3] 刘必鏊,时家明,赵大鹏,等.偏振探测的机理及应用[J]. 红外,2008.
- [4] CHEN Wei-bin, ZHAN Qi-wen. Numerical study of an apertureless near field scanning optical microscope probe under radial polarization illumination[J]. Opt. Express, 2007, 15(7): 1406-1461.
- [5] Niziev V G, Nesterov A V. Influence of beam polarization on laser cutting efficiency[J]. Appl. Phys.,1999, 32(13): 1455-1461.

- [6] YU Yi, PANG Yu, S UN Yin-hong, et al. Radially or azimuthally polarized laser based on mode selection of thermally induced bifocus[J]. Chinese J. Lasers, 2010, 37(10): 2451-2455.
- [7] Moh K J, Yuan X C, Bu J, et al. Generating radial or azimuthal polarization by axial sampling of circularly polarized vortex beams[J]. Appl. Opt., 2007, 46(30): 7544-7551.
- [8] ZHANG Yan-li, LI Xiao-yan, ZHU Jian-qiang. Generation and focusing property with high-numerical aperture lens of vectorial polarized beam[J]. Chinese J. Lasers, 2009, 36(1): 129-133.
- [9] LIN Hui-chuan, LIU Hui, PU Ji-xiong. Extra cavity coherent superposition for generation of radially polarized beam[J]. Chinese J. Lasers, 2009, 36(s1): 251-256.
- [10] ZHAN Qi-wen, James R Leger. Microellipsometer with radial symmetry [J]. Appl. Opt.,2002, 41(22):4630-4637.
- [11] Yousef I, Salamin. Mono-energetic Gev electrons from ionization in a radially polarized laser beam[J]. Opt. Lett., 2007, 32(1): 90-92.
- [12] 李晓平,周风晴,明军,等. Introcavity polarization mirror for high power CO₂ laser[J]. 激光技术, 1994,18 (3):138-141.
- [13] 李德元,孙惠.偏振光定量测量实验的改进[J]. 中国科技信息, 2011(10):242-245.
- [14] 陈万金.椭圆偏振光时空旋转特性的分析[J]. Jilin Normal University Journal(Natural Science Edition),2006(1): 49-51.
- [15] Hikaru Kawauchi, Kazuhiro Yonezawa, Yuichi Kozawa, et al. Calculation of optical trapping forces on a dielectric sphere in the ray optics regime produced by a radially polarized laser beam[J]. Opt. Lett., 2007, 32(13): 1839-1841.

(上接第 48 页)

更换单元故障隔离率低的问题。当然,此方法也只是利用现场可更换单元的现有信号,不能对全部故障模式进行检测隔离。因此对设备的外部自动测试在设备设计之初就要进行故障模式及测试方法分析,预留专用测试接口,选择合适的测试点,才能可靠、有效地完成设备的测试性要求。

参考文献

- [1] 于劲松,李行善.下一代自动测试系统体系结构与关键技术[J]. 计算机测量与控制,2005(1):1-3.

- [2] 曹志伟,周晓东,王成刚,等.基于多信号模型的电路板 TPS 开发方法研究[J]. 计算机测量与控制,2008, 16(11):1533-1535.
- [3] 石君友.测试性设计分析与验证[M]. 北京:国防工业出版社,2011.
- [4] 朱旖,杜建军.自动测试系统及其结构和标准[J]. 国外电子测量技术,2008,27(8):72-74.
- [5] 张波,陈岩申,王桂芝.海军某型声纳电路板测试程序集(TPS)开发研究[J]. 仪器仪表学报,2002(z1):251-253.
- [6] 李柯.基于虚拟仪器自动测试系统硬件平台的研究[J].

(下转第 66 页)

5 结 论

首先通过数值仿真验证了真实相移光栅的各种性质都能通过调整参数在等效相移光栅中实现, 这些性质包括: (1) 等效相移量大小决定各级光栅反射谱中窄透射峰位置, 相移量大小可以通过调节位移量改变; (2) 单相移光栅中, 相移点偏离光栅中心位置越大, 各级光栅反射谱中窄透射峰的透射强度越低, 且与偏离中心位置的方向无关, 位移点的位置就是相移点的位置; (3) 多相移光栅中, 相移点的数量等于反射谱中窄透射峰的数量。位移点的数量等于相移点的数量。然后通过分析等效相移光栅的傅里叶频谱, 发现通过使取样函数占空比为 $1/4$, 相对位移量为 $1/4$, 可以实现 -2 级等效相移光栅, 并给出了获得其他偶数级等效相移光栅的公式, 即 $mT\pi = -\pi/2$, $2mq\pi = -\pi$ 。最后通过数值仿真, 给出了在取样周期数量不变的情况下, 等效相移光栅最大反射率与取样周期长度关系的曲线。

参 考 文 献

- [1] Kashyap R, McKee P F, Arnes D. UV written reflection grating structures in photosensitive optical fibers using phase-shifted phase-masks[J]. Electron. Lett., 1994,30(23):1977-1979.
- [2] Loh W H, Cole M J, Zervas M N, et al. Complex grating structures with uniform phase masks based on the moving fiber-scanning beam technique[J]. Opt. Lett., 1995,20(20):2051-2053.
- [3] Canning J, Sceats M G. π -phase-shifted periodic distributed structures in optical fibers by UV post-processing[J]. Electron. Lett., 1994,30(16):1344-1345.
- [4] Dai Y T, Chen X F, Jiang D J, et al. Equivalent phase shift in a fiber Bragg grating achieved by changing the sampling period[J]. IEEE Photon. Technol. Lett., 2004,16(10):2284-2286.
- [5] Feng J, Chen X, Fan C, et al. A novel method to achieve various equivalent chirp profiles in sampled Bragg gratings using uniform-period phase masks[J]. 2002,2005:71-75.
- [6] Chen X, Xu X, Zhou M, et al. Tunable dispersion compensation in a 10 Gb/s optical transmission system by employing a new tunable dispersion compensator[J]. IEEE Photon. Technol. Lett., 2004,16:188-190.
- [7] Chen X, Yao J, Deng Z. Ultranarrow dual-transmission-band fiber Bragg grating filter and its application in a dual-wavelength single-longitudinal-mode fiber ring laser[J]. Opt. Lett., 2005,30(16):2068-2070.
- [8] Chen X. Photonic generation of microwave signal using a dual-wavelength single-longitudinal-mode fibre ring laser[J]. IEEE Trans. Microw. Theory Tech., 2006, 54:804-809.
- [9] Yariv A. Coupled-mode theory for guided-wave optics[J]. IEEE J. Quantum Electron, 1973, QE-9:919-933.
- [10] Erdogan T. Fiber grating spectra[J]. Journal of Lightwave Technol., 1997,15(8):1277-1294.
- [11] Agrawa G P I. Modeling of distributed feedback semiconductor lasers with axially-varying parameters[J]. IEEE J. Quantum Electron, 1988,24(12):2407-2414.
- [7] 艾小川, 张琪, 李胜勇. 基于微处理器 8031 电路板的 TPS 开发研究[J]. 计算机测量与控制, 2006, 14(2):177-178, 208.
- [8] 李明辉, 刘连生, 曲培树. 基于虚拟仪器的自动测试系统研究[J]. 电子测试, 2008(3):37-42.
- [9] 霍立平, 杨春英, 初晓军. 面向信号的 TPS 的开发[J]. 中国测试技术, 2006, 32(1):132-134.
- [10] 夏梦芝, 何银菊, 李波. 基于虚拟仪器的控制器自动测试系统[J]. 仪表技术与传感器, 2011(12):58-60, 63.

(上接第 61 页)

计算机与数字工程, 2013, 41(4):670-672.