

非标系统标准化制造

——ATE的成功之道

上海聚星仪器有限公司

摘要: 自动化测试系统(ATE)在生产测试中是保证产品质量的关键,也是投入较大的单件生产资料。用户对于ATE的要求可以总结为质量、价格、交期、服务。在小批量多种类的需求现实下,ATE研制如何满足需求,并且能够由小作坊短线计划转变为长期健康增长的企业行为呢?本文提出将多变的非标准测试系统总结提炼成大部分能按照程序生产、较多复制的标准部件,从而提高研制效率和质量、降低成本。本文结合作者实践,认为非标系统标准化制造就是ATE业务的成功之道。

1 自动测试系统的挑战和出路

产线自动化测试系统(ATE),是一个极具挑战的业务。质量高、价格低、交期紧、服务全面是客户普遍的要求。雪上加霜的是每次定单普遍较小,被测件型号多也是常见现象。在这么严酷的条件下ATE制造商怎么生存下去呢?

降低成本,谁都想得到。但是怎样在不牺牲质量的前提下规范、合理、互惠地降低成本呢?当以次充好、以二手货充新货、以业余兼职替代专业全职工程师都已经被领教过后,还有什么新招?我们认为提高制造效率是正解。ATE的成本当中,元器件和材料仅仅占较小部分,更大的开支在于研发、调试、服务等各个环节的人工。大量的人工被用于新功能验证、开发、调试。新功能改动还带来技术难题和出错返工的风险。

假设标准化“生产”一套ATE系统所花人工是从头研制所花人工的

1/3。而人工成本占标准化ATE系统成本的一半,那么,以标准化ATE成本为100%计算,从头研制成本为:

研制成本=硬件成本+研制人工成本
工本=生产硬件成本+生产人工成本
 $\times 3 = 50\% + 50\% \times 3 = 200\%$

也就是说,标准化ATE制造费用是从头研制费用的一半。这还没有计算标准化ATE跟随标准化技术支持和维护,所带来售后成本的降低。

2 系统标准设计

稍微复杂的ATE系统,观察仪器-机柜-夹具-被测件的连线,感觉像大把大把的头发一样。然而仔细考

虑,就会发现,它们之间的功能分割就像软件系统一样,可以通过适当的外围电路和附件,提高各个模块的功能内聚度,降低耦合度。当系统模块功能达到高内聚度、低耦合度的水平后,系统连线就清晰了。而清晰的功能分割和连线,带来了对于不同被测件的通用性。也就是说,被测件和夹具关联较大,而被测件和机柜、仪器关联较低,使得可以复用相同的仪器和机柜,适应不同型号的被测件。

以典型的射频音频并行测试系统来说,仪器提供了4套夹具并行测试射频、音频功能,如图1所示。

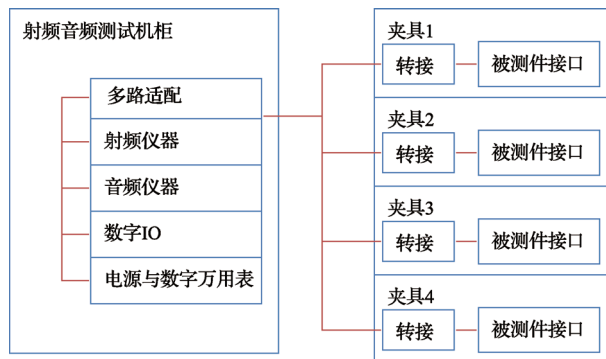


图1 聚星射频音频测试系统原理

那么,仪器就要提供基本的供电、电流测量、射频测量、音频测量、气动驱动和多种夹具数字IO。这些模拟、数字和电源模块设备接口由供应商产品定义决定,不一定匹配4路并行测试的要求。射频音频测试系统就需要设计一系列射频、音频和数字IO的多路化接口,将仪器端的接口匹配和多路化转变成与夹具台配合的4套标准接口。这4套接口涵盖了所有被测件和夹具的输入输出条件要求。这样这个标准接口就成了仪器柜的标准输出,对于一系列的被测产品线都不用修改。换言之,就构成了可复制生产的标准化射频音频测试仪器柜。

3 仪器适配设计

仪器适配是衔接仪器和夹具的关键,能否使得仪器柜相对独立,可复制又好用,取决于这部分的设计。在适配接口设计中,对应仪器部分比较死板,因为这些基本上是仪器供应商确定的。而对于夹具这一边,完全在于仪器系统研制工程师的设计。这些接口要设计得够用、好用、耐用、经济、加工快捷、不易出错。比如射频音频测试系统机柜输出,就要在电器上考虑了足够的射频、音频接口,选择经济高质量,完全匹配被测件性能指标范围的性能,同时考虑隔离、抗干扰等要求,如图2所示。

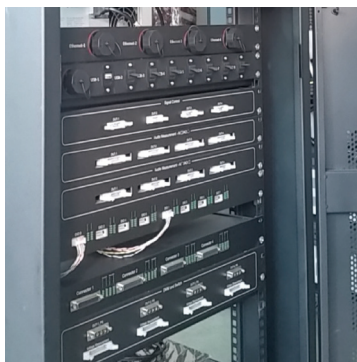


图2 聚星射频音频测试仪表柜接口

通常,仪器供应商和客户经过长时间积累钻研,可以整理出一套接口设计,可以适应一批产品线的测试。比如音响、功放、喇叭,在功能测试上都有相当的共性,可以通用一套接口适配,只是针对每一个型号选择其中一个适配接口子集。

4 夹具台设计

夹具台是承载被测件和针床的平台,虽然不可避免地会根据被测件的

变化而改动,但是好的夹具台设计考虑一系列产品线的特点,可以做到很好的兼容性。由于仪器柜适配口设计完善,夹具台设计在电器上就轻松很多。夹具台输入一定是和仪器柜适配接口对应的接插件,而夹具台要考虑容纳这些接口,并将这些电器连接到夹具相应的探针、开关、电磁阀等部件。同时,夹具台要考虑对不同尺寸被测件的兼容。如图3所示,夹具采用顶开盖,上下结构。上层是被测件夹具和针床,下层是电路和转接。顶盖采用双气缸开合,避免单气缸常见的受力不平衡夹具容易偏移的问题。夹具台下层内部是设计功力所在。简陋的设计导致杂乱无章的连接线,而充分考虑高内聚低耦合度的设计,可以使得夹具内部电路整洁可靠易维护。

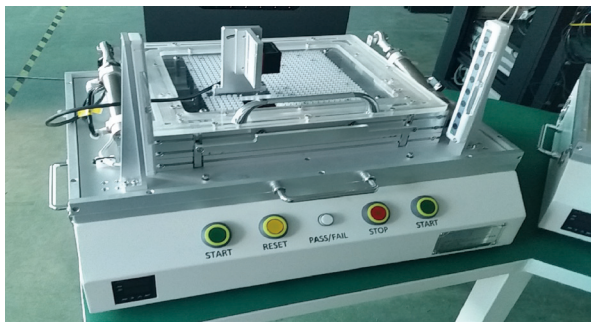


图3 聚星射频音频测试夹具台

5 夹具转接设计

夹具内部电路的关键是电器转接。经过优良设计的转接电路是可以大量复用的。这些转接电路将来自仪器柜的标准电缆接入,转换到被测件接口板

的连接端口,而被测件接口板负责和探针的互联和简单的本地负载电路。夹具内部经过转接和接口两道分工,就把夹具里面连接线的逻辑关系和线序整理干净了,使得夹具内部连接简洁、可靠。

6 并行测试设计

并行测试提高ATE效率,减少人工操作,是普遍接受的指导思想。并行测试有批量并行和独立并行两种。批量并行多用于半导体行业,自动机械一次抓取一批芯片,放到测试夹具,同时开始;测试结束后,同时用抓取机构取出。在产品功能测试中,

大多数情况产品已经装配完毕,由操作工一件一件放到夹具上测试。而功能测试时间不会太短,所以经过优化考量,这样的模式比较科学:一个操作工面对2~4个夹具台,每个夹具台完全独立于其他,可以任意时刻开始、结束。这就要求ATE要实现各个夹具工位完全独立并行的测试。



图4 聚星射频音频并行测试系统

仪器供应商应该通过长期实践,总结出科学的测试模式,研制一批软

件工具包,可以将测试加载在工具包上,以标准软件产品的质量实现每次

变化的并行测试要求。

假设一套仪器经过多路切换测试4个夹具工位上的产品,ATE系统价格大约是单夹具测试系统的2倍,但是测试吞吐量可以达到3倍,那么ATE价格在生产成本中的摊销可降低1/3。同时,仪器系统的减少可以节约厂房空间。

7 总结

本文涉及的射频音频测试系统是聚星仪器ATE产品。非标测试系统标准化制造,需要在系统规范、仪器及其适配、夹具台、夹具转接、测试软件模式等各个方面进行完善缜密的设计和精良的研制。通过这样产品化、标准化的设计,使得ATE研制由小作坊、临时工模式转变为“百年老店”模式。

(上接第4页)

- [2] 付跃华. 专用计算机自动测试系统中的信号采集与数据管理[D]. 西安:西安电子科技大学,2007.
- [3] 张志华. 某军用电子模块通用自动化测试系统的研究与开发[D]. 浙江:浙江大学,2007.
- [4] 李行善,于劲松. ATS(自动测试系统)及ATE技术[J]. 电子产品世界, 2002(03A):30-32.
- [5] 周建明. 基于虚拟仪器的自动测试系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2006.
- [6] 许屹晖,李执力,王震宇. 新一代军用ATS技术体制和关键技术研究[J].

- 现代防御技术,2010, 38(2), 35-40.
- [7] 马富耀. 机载导弹技术状态自动检测设备体系结构研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.
- [8] 王俊亚. 基于模型的装备快速测试方法研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2011.
- [9] 贾娜,王红萍,戴军,等. 自动测试系统的发展现状和前景[J]. 科技与企业,2015,(9):8-85.
- [10] 刘福军,蔡德咏,孟晨,等. 下一代自动测试系统体系结构研究进展[J]. 计算机测量与控制,2015,23(2):339-341.

- [11] 张成标,陈涛,袁欢欢,等. 我国自动测试系统的现状及发展趋势探究[J]. 军民两用技术与产品,2015(14):248.
- [12] 刘旭阳. 自动测试系统在新趋势下的发展与应用[J]. 电子技术应用,2015,41(11):4-5.

作者简介

齐永龙, 硕士学历, 现工作单位为成都天奥测控技术有限公司, 主要研究方向为自动测试系统、自动测试设备及模块化仪器研制。