

# PCBA 智能自动测试系统的研究与应用

杨斌,吴文超,晏亮,高承帅  
(上海神添实业有限公司,上海 200090)

**摘要:**从工厂的实际生产需求出发,介绍了1种具备自动化、智能化以及高柔性的PCBA智能化自动测试系统;对生产线的软硬件组成架构以及相应关键技术进行阐述,并通过生产线的实际运行验证其可行性和稳定性。

**关键词:**自动测试系统;智能化;调度

**中图分类号:**TN41 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2019)05-0173-03

## Research on PCBA Intelligent Automatic Test System and Its Application

YANG Bin, WU Wenchao, YAN Liang, GAO Chengshuai  
(Shanghai Shentian Industrial Co., Ltd., Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Based on the actual production demand of the factory, this paper introduces an automatic, intelligent and high flexible PCBA automatic test system, and expounds the structure of the hardware and software of the production line as well as the corresponding key technologies. Its practicability and stability are verified in the actual operation of the production line.

**Keywords:** automatic test system; intelligence; scheduling

### 0 引言

现有的工厂生产线前端PCB贴片焊接已大部分实现自动化,而测试工位大部分仍旧采用人工取放电路板的方式进行操作。每个测试工位或者测试台前必须配备相应的操作工人。该种测试模式生产效率低、人工成本高,使得测试工位的生产效率成为整体生产效率瓶颈。因此开发用于PCBA的自动测试系统,采用机器人实现物料的中转,同时结合相关智能调度算法,提升PCBA测试自动化水平,从而提高PCBA的测试效率。

### 1 系统设计

PCBA智能化自动测试系统通过模块化的硬件和软件设计集PC机、PLC、传感器技术、通信技术、运算等技术于一体,具有自动化、智能化以及柔性化等特点,系统总体架构如图1所示。设备由供料系统、机器人搬运系统、自动测试工作站以及主控系统4大部分组成,通过对软硬件功能的合理分配,实现PCBA产品测试流程的全自动化。

智能PCBA自动测试系统采用六轴机器人实现待测产品在各工作位置间的自动转移,待物料放至工装后,各插件执行机构动作,实现各通信电缆的自动连接。机器人末端安装有激光测距传感器、智能相机以及爪手等部件,各工装以及上、下料的坐标位置采用自动识别的形式。控制系统采用分布式系统架构,主控系统与机器人系统、供料系统及测试台控制系统等分系统通过不同的通信方式进行交互,如图2所示。

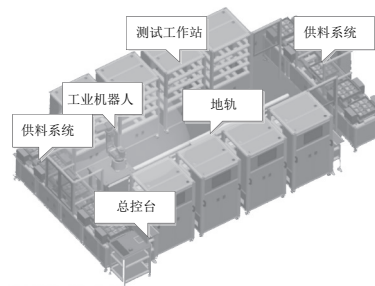


图1 智能PCBA自动测试系统硬件分布图

进行交互,如图2所示。

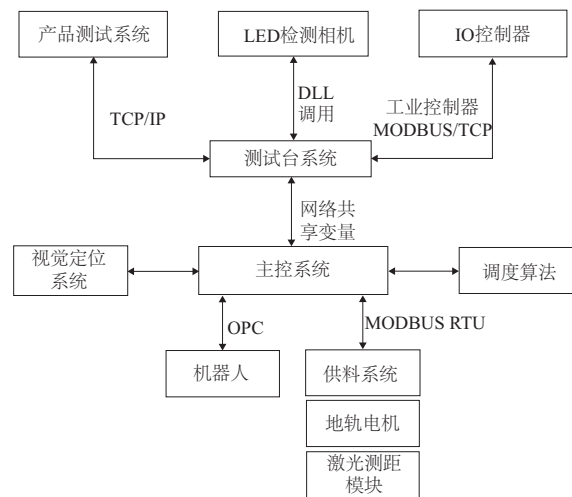


图2 控制系统网络架构

基金项目:上海市科学技术委员会科研计划项目(16111107102)

作者简介:杨斌(1987—),男,浙江台州人,硕士,主要从事机电控制及自动化相关研究工作。

a) 机器人系统

主控系统 PC 平台经 PLC 间接与 FANUC 机器人实现通信,上位机与 PLC 采用 OPC 通信,PLC 与机器人以 Ethernet/IP 方式进行通信。所有动作以子程序的形式运行在控制器中,主控系统通过指令形式调用各动作程序,进而组合成不同动作任务;主控制系统也可将目标点位姿发送给机器人,控制机器人运行至目标点。

b) 测试工作站系统

测试工作站主要由人机交互、控制平台及执行部件等部分组成。其中测试工装上布置相应的动作气缸以及相关信号采集传感器,如图 3 所示,实现以下 2 个功能:

1) IO 控制。与 IO 控制器以 Modbus/tcp 进行通信,控制气缸动作并接受传感器信号,实现 PCBA 连接器插拔动作和通电、断电。

2) 响应产品测试系统的指令。测试台控制系统作为 TCP server,产品测试系统作为 TCP client;控制系统响应测试系统的指令,执行通电、断电、插拔等动作;将动作结果发送给测试系统。

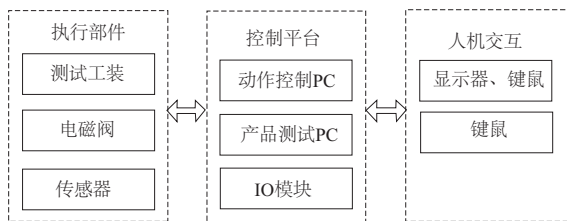


图 3 测试工作站原理图

c) 送料系统

送料采取料盘堆垛的形式,TRAY 盘的堆垛/拆垛动作通过气缸的组合动作实现,由双列同步带实现 TRAY 盘的传送。该种送料形式的优势在于可实现自动测试系统上、下料不停机,从而提升系统单位时间的工作效率。送料系统采用 PLC 实现气缸、传送皮带电动机的控制。线首、线尾 2 套送料机构作为分系统独立控制;送料系统与主控系统通过 Modbus/RTU 进行寄存器变量交互。

## 2 生产线关键技术介绍

a) 机器人自动定位系统

机器人自动定位系统由高分辨率相机和机器人组成(图 4),相机安装于机器人手臂末端,实现对待测产品的定位和条码读取功能。机器人末端视觉定位方法通常通过直接拍摄目标物获取目标物的世界坐标,从而完成机器人的自动定位功能。

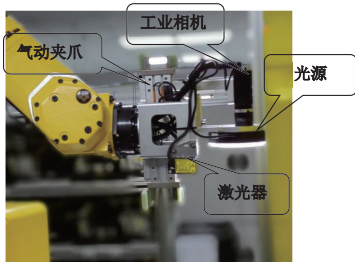


图 4 机械手夹爪实物图

本视觉定位系统通过拍摄目标物的局部特征点,基于特征点建立目标物坐标系,根据抓取部位和放置部位在目标物上的位置信息,通过计算得到抓取和放置的世界坐标。与一般的机器人末端视觉定位方法相比,本方法能适用于定位更大的目标物,并且适用于抓取部位位置变化情况,适用性更好。

自动定位系统设计有 6 个坐标系:世界坐标系(机器人坐标系)、工具坐标系(相机坐标系)、图像坐标系、工装坐标系、PCB 板坐标系和夹爪坐标系。通过事先标定图像坐标系、工具坐标系、工装坐标系和夹爪坐标系数据,并通过图像处理获取 PCB 板坐标系参数和 PCB 板散热器位置,计算得到 PCB 板与工装重合目标下的夹爪坐标,完成定位系统功能<sup>[1-3]</sup>(图 5)。



图 5 工装标定流程

b) 智能调度系统

PCBA 自动测试系统包含 2 个测试项,测试项需满足测试和转移重复测试的功能,并采用双夹爪取放料方式。智能调度系统包括前端的智能调度规划和后端的调度异常处理 2 个部分<sup>[4-6]</sup>。

1) 智能调度算法

智能化 PCBA 自动化测试线由 2 个上/下料台(上/下料站点)、6 个第 1 测试项工作台(第 1 测试站点),2 个第 2 测试项工作台(第 2 测试站点),2 个不合格品台(不合格站点)以及双夹爪物料转移机械臂组成。每个测试台各有 8 个槽位,每个上/下料台有 6 个槽位,每个不良品台有 1 个槽位。

PCBA 目标转移站点通过 PCBA 所在槽位的状态确定,其中待测料区槽位有 4 种状态:空、待测、已测试、禁用;工作站槽位有 8 种状态:空、初测进行中、初测合格、初测不良、复测进行中、复测合格、复测不良、禁用。PCBA 自动化测试调度任务如图 6 所示。

调度系统通过工作站中各工装的优先级顺序,以待测板调度时间成本最低为目标,对待测板的调度进行优先排

序和槽位分配,完成待测试产品在测试线上的调度转移。考虑到实际调度分布的特点,将调度过程抽象为 2 个子系统的调度问题进行处理。

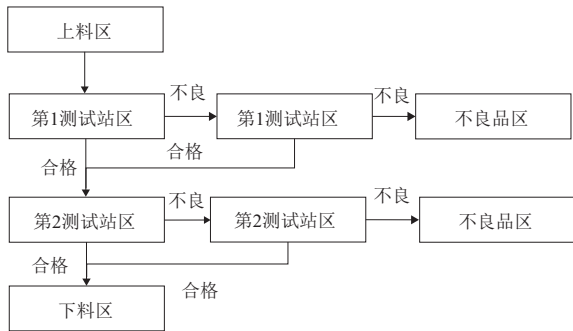


图 6 PCBA 自动测试线调度任务逻辑图

### 2) 调度异常处理流程

调度过程如图 7 所示,在初始状态下,通过外部状态生成物料调度序列后,系统进入序列执行的过程,并在执行过程中更新外部状态。当全部序列执行完毕后,进行下一轮的调度和执行。在实际流程执行过程中,由于 PCBA 物料的不一致性,存在物料夹取失败的异常,此时通过异常处理完成对夹取失败的流程动作处理,并相应地更新算法的输入状态和调整算法的输出序列。

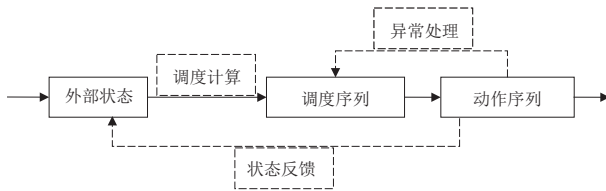


图 7 调度异常处理流程框图

## 3 生产运行数据

该自动化生产线已完成调试,投入正常生产;统计 3 h 的生产数据如表 1 所示。1 件产品由机器人完成上料至第 1 测试项机柜、转移至第 2 测试项机柜及下料至少 3 次转移;产品首次测试为不合格品 (FAIL), 机器人将其转移至另一工装再次测试,若第 2 次测试结果还是 FAIL,系统

将其认定为 FAIL;存在复测的情况,1 件产品转移次数将多于 3 次。

表 1 生产线运行情况统计表

生产总数/pcs	PASS/pcs	FAIL/pcs	复测/pcs
410	405	5	36
机器人转移次数	机器人转移节拍/(s/pcs)	停机次数	生产效率/(pcs/h)
1 271	8.5	0	136

统计数据显示,3 h 生产过程中没有故障引起停机。机器人完成单次转移节拍为 8.5 s,生产线产出效率为 136 pcs/h (受厂商测试系统的效率、产品复测率影响)。

## 4 结语

本智能化 PCBA 自动测试系统结合多种类型传感器系统,具有柔性化、高可靠、高效率等特点,产品单次中转移节拍达到 8.5 s。通过该生产线的推广应用,使工厂的生产效率大幅提升。同时由于测试生产过程减少了人工参与的环节,使得产品测试数据的一致性得到保证。智能 PCBA 自动测试系统的控制系统采用分布式控制系统,具有配置灵活、稳定性高等优点。

### 参考文献:

[1] 郑帅超. 单目视觉-激光测距定位系统的标定与姿态校正 [J]. 机械科学与技术, 2017, 39(12): 1926-1934.

[2] 晁志超,伏思华,姜广文,等. 单目摄像机-激光测距传感器位姿测量系统[J]. 光学学报, 2011, 31(3): 1-7.

[3] 毛建飞. 工业机器人视觉定位系统高精度标定研究[J]. 机器人, 2004, 26(2): 139-144.

[4] 胡中华. 一种求解机器人作业调度的智能优化算法[J]. 电焊机, 2009, 39(11): 45-48.

[5] 张树林. 一种机器人搬运生产线的调度优化方法及实验平台设计[D]. 合肥:合肥工业大学, 2017.

[6] 杨友良,胡少辉,赵丽宏. 快件分拣机器人路径规划及智能调度[J]. 华北理工大学学报(自然科学版), 2018(1): 91-97.

收稿日期:2018-05-30