



中华人民共和国国家标准

GB/T 39393—2020

家用电器专用智能控制单元技术规范

Technical specification of intelligent controller unit for household appliances

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 缩略语 3

5 要求 3

6 试验方法..... 12

7 检验规则..... 19

8 标志、包装、运输和贮存..... 21

附录 A（资料性附录） ICU 测试工装参考电路..... 22

附录 B（资料性附录） ICU 在家用和类似用途电器中的典型应用 28

参考文献 30



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国家用电器标准化技术委员会(SAC/TC 46)归口。

本标准起草单位：中国家用电器研究院、国家电子元器件质量监督检验中心(安徽)、西安庆安制冷设备股份有限公司、安徽众家云物联网科技有限公司、中家院(北京)检测认证有限公司、华大半导体有限公司、嘉兴斯达半导体股份有限公司、珠海格力电器股份有限公司、广东美的制冷设备有限公司、无锡芯朋微电子股份有限公司、无锡华润微电子有限公司、青岛海尔智能电子有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、浙江盾安禾田金属有限公司、安徽中认倍佳科技有限公司、国家智能家居质量监督检验中心、青岛海尔智能技术研发有限公司、杭州星帅尔电器股份有限公司、四川长虹空调有限公司。

本标准主要起草人：徐鸿、孙民、赵鹏、梁少峰、戴志展、易冬柏、于玲、恩云飞、罗彪、李红伟、冯长卿、易扬波、李勇德、杨楠、李婷婷、徐玲、汪向荣、陈丽芬、谢兴华、沙露、汪超、李旻、聂圣源、吴红彪、李越峰。



家用电器专用智能控制单元技术规范

1 范围

本标准规定了家用和类似用途电器专用智能控制单元的功能、性能以及电磁兼容性、安全、可靠性等的技术要求与测试方法,并对智能控制单元的检验规则、标志、包装、运输和贮存等做出相关规定。

本标准适用于家用和类似用途电器的智能控制单元。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2421—2020 环境试验 概述和指南

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

GB/T 2423.60 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验U:引出端及整体安装件强度

GB 4343.1—2018 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第1部分:发射

GB/T 4343.2—2009 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第2部分:抗扰度

GB/T 4365 电工术语 电磁兼容

GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求

GB/T 4798.1 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第1部分:贮存

GB/T 4937.15—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第15部分:通孔安装器件的耐焊接热

GB/T 4937.20—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第20部分:塑封表面安装器件耐潮湿和焊接热综合影响

GB/T 4937.21—2018 半导体器件 机械和气候试验方法 第21部分:可焊性

GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验

GB/T 29309—2012 电工电子产品加速应力试验规程 高加速寿命试验导则

IEC 60335-1:2016 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 1: General requirements)

IEC 60730-1:2013+AMD1:2015 CSV 自动电气控制 第1部分:通用要求(Automatic electrical controls—Part 1: General requirements)

IEC 60749-26 半导体器件 机械和气候测试方法 第26部分:静电放电(ESD)敏感性测试 人体模型(HBM) [Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing—Human body model (HBM)]

IEC 60749-27 半导体器件 机械和气候测试方法 第27部分:静电放电(ESD)敏感性测试 机

器模型(MM) [Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 27: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing—Machine model (MM)]

IEC 60749-28 半导体器件 机械和气候测试方法 第 28 部分:静电放电(ESD)敏感性测试 带电器件模型(CDM) 器件级 [Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing—Charged device model (CDM)—device level]

IEC 60749-33:2004 半导体器件 机械和气候试验方法 第 33 部分:加速耐湿 无偏置高压蒸煮(Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods—Part 33: Accelerated moisture resistance—Unbiased autoclave)

IEC 62321(所有部分) 电工产品中相关物质的测定(Determination of certain substances in electrotechnical products)

IPC/JEDEC J-STD-020E 非气密表面贴装器件潮湿/再流焊敏感度分级(Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Surface Mount Devices)

3 术语和定义

GB/T 4365 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能控制单元 intelligent control unit; ICU

以大规模集成电路为核心的集成电路器件,由中央处理器、存储单元、输入输出端口、模拟信号采集以及各类型的通信接口等构成。

3.2

模数转换器 analog-to-digital converter; ADC

将连续变化的模拟信号转换为离散的数字信号的功能单元。

3.3

脉冲宽度调制 pulse width modulation; PWM

通过数字输出调整脉冲宽度实现对模拟电路的控制。

3.4

通用异步收发传输器 universal asynchronous receiver/transmitter; UART

在数据发送时将并行数据转换成串行数据来传输,在数据接收时将接收到的串行数据转换成并行数据,可以实现全双工传输和接收的一种异步收发传输器。

3.5

I²C 总线 inter-integrated circuit; I²C

简单、双向二线制同步串行总线电路。

3.6

串行外设接口 serial peripheral interface; SPI

高速的、全双工、同步的通信总线。

3.7

内部时钟频率稳定度 internal clock frequency stability

内部时钟随着工作环境的变化而产生频率波动范围。

3.8

低压复位 low voltage reset

ICU 供电低于指定值后,自动进入复位状态。

3.9

低压复位值 low voltage reset value

在供电电压低于某个值后将芯片处于复位状态时的电压值。

3.10

额定工作条件 rated operating conditions

为了使智能控制单元的工作特征处于给定的要求之内而规定的正常使用条件。

3.11

占空比 duty ratio

在一个脉冲循环内,通电时间相对于总时间所占的比例。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ADC:模数转换器(Analog-to-Digital Converter)

CDM:带电器件模型(Charged Device Model)

HBM:人体模型(Human Body Model)

IC:集成电路(Integrated Circuit)

I²C:总线(Inter-Integrated Circuit)

ICU:智能控制单元(Intelligent Control Unit)

I/O:输入/输出端口(Input/Output)

MM:机器模型(Machine Model)

PCB:印刷电路板(Printed Circuit Board)

PWM:脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation)

SPI:串行外设接口(Serial Peripheral Interface)

UART:通用异步收发传输器(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

5 要求

5.1 外观

标志应完整、准确、清晰、耐久;表面无机械损伤;引脚无氧化、无锈迹、无污物、无变形、无折断。塑封表面的器件型号、生产批次、厂商(产地)等标识的印刷应自然且塑封表面不得有磨痕。

5.2 外形尺寸

按 6.3 进行试验,产品规格书需标明 ICU 的引脚、几何尺寸和封装尺寸,ICU 实物应符合说明书的规定值。表面贴装的 IC 放在标准水平面上引出端不变形,引出端起翘 $\leq 80\ \mu\text{m}$ 。

5.3 电性能

5.3.1 绝对最大额定电压

保证 ICU 不被损坏的最低工作电压。

按 6.4.2 进行试验,电源电压范围: $-0.5\ \text{V} \sim 6.5\ \text{V}$; I/O 电压范围: (电源电压 ± 0.3)V。

5.3.2 工作电压

维持 ICU 正常工作的电源电压。

按 6.4.3 进行试验,电源电压范围:1.8 V~5.5 V,推荐范围:2.7 V~5.5 V。

5.3.3 工作电流

ICU 正常工作时所消耗的电流。

按 6.4.4 进行试验,推荐节能型产品,工作电流 $<150\ \mu\text{A}/\text{MHz}$ 。

5.3.4 工作温度

ICU 正常工作时所需要的温度范围。

按 6.4.5 进行试验,工作温度在 $-40\ ^\circ\text{C}\sim 85\ ^\circ\text{C}$ 范围内,ICU 应正常工作。

5.3.5 待机/休眠电流

ICU 待机/休眠或者部分待机/休眠时所消耗的电流。

按 6.4.6 进行试验,推荐节能型低功耗产品,待机电流 $<2\ \mu\text{A}$,休眠电流 $<120\ \mu\text{A}/\text{MHz}$ 。

5.3.6 输出能力

按 6.4.7 进行试验,ICU 数字输出端口对外部负载输出电流的能力,应符合规格书要求。

5.3.7 输入电压范围

ICU 数字输入端口接收外部高低电平的最小、最大值的范围。

按 6.4.8 进行试验,输入高电平(V_{IH})的最小值 $\leq 0.8\times V_{\text{DD}}$;输入低电平(V_{IL})的最大值 $\geq 0.2\times V_{\text{DD}}$ 。

支持 TTL 电平输入,支持施密特触发输入。

5.3.8 内部时钟频率稳定度

按 6.4.9 进行试验,如果内部时钟作为通信使用时,在工作电压,工作温度范围内偏差 $\leq \pm 3\%$,并且提供自动校准手段。

5.3.9 低压复位值

按 6.4.10 进行试验,低压复位的电压值可在芯片保证的工作电压范围内选择。

5.3.10 ADC 精度

按 6.4.11 进行试验,推荐 12 位分辨率,最低满足 10 位分辨率。

5.3.11 PWM 精度

按 6.4.12 进行试验,PWM 占空比设定位数 ≥ 8 位。

5.3.12 通信接口类型和数量

ICU 内置的标准通信接口类型和数量。

按 6.4.13 进行试验,推荐支持 UART、SPI、I²C 三种标准协议。

5.4 绝缘强度

5.4.1 电气间隙

按 6.5.1 进行试验,ICU 的结构应使电气间隙足够承受器具可能经受的电气应力,考虑到表 1 中过电压类别的额定脉冲电压,电气间隙不应小于表 2 中的规定值。其他条件见 GB 4706.1—2005 中第 29 章的相关规定。

表 1 额定脉冲电压

| 额定电压 V | 额定脉冲电压 V | | |
|---|-------------|----------|-----------|
| | 过电压类别 I | 过电压类别 II | 过电压类别 III |
| ≤50 | 330 | 500 | 800 |
| >50 且 ≤150 | 800 | 1 500 | 2 500 |
| >150 且 ≤300 | 1 500 | 2 500 | 4 000 |
| 注 1: 对于多相器具,以相线对中性线或相线对地线的电压作为额定电压。 | | | |
| 注 2: 这些值是基于器具不会产生高于所规定的过电压的假设。如果产生更高的过电压,电气间隙宜相应增加。 | | | |

表 2 最小电气间隙

| 额定脉冲电压 V | 最小电气间隙 ^a mm |
|---|---------------------------|
| 330 | 0.5 ^{b,c} |
| 500 | 0.5 ^{b,c} |
| 800 | 0.5 ^{b,c} |
| 1 500 | 0.5 ^c |
| 2 500 | 1.5 |
| 4 000 | 3.0 |
| 6 000 | 5.5 |
| 8 000 | 8.0 |
| 10 000 | 11.0 |
| ^a 规定值仅适用于空气中电气间隙。 | |
| ^b 出于实际操作的情况,不采用 GB/T 16935.1 中规定的更小电气间隙,例如批量产品的公差。 | |
| ^c 污染等级为 3 时,该值增加到 0.8 mm。 | |

5.4.2 爬电距离

按 6.5.2 进行试验,基本绝缘的爬电距离不应小于表 3 中的规定值。

表 3 基本绝缘的最小爬电距离

| 工作电压 V | 爬电距离 mm | | | | | | |
|---|------------|--------|------|--------------|-------|-------|------------------|
| | 污染等级 1 | 污染等级 2 | | 污染等级 3 | | | |
| | | 材料组 | | | 材料组 | | |
| | | I | II | III a/ III b | I | II | III a/ III b |
| ≤50 | 0.2 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.7 | 1.9 ^a |
| >50 且 ≤125 | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 2.1 | 2.4 |
| >125 且 ≤250 | 0.6 | 1.3 | 1.8 | 2.5 | 3.2 | 3.6 | 4.0 |
| >250 且 ≤400 | 1.0 | 2.0 | 2.8 | 4.0 | 5.0 | 5.6 | 6.3 |
| >400 且 ≤500 | 1.3 | 2.5 | 3.6 | 5.0 | 6.3 | 7.1 | 8.0 |
| >500 且 ≤800 | 1.8 | 3.2 | 4.5 | 6.3 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| >800 且 ≤1 000 | 2.4 | 4.0 | 5.6 | 8.0 | 10.0 | 11.0 | 12.5 |
| >1 000 且 ≤1 250 | 3.2 | 5.0 | 7.1 | 10.0 | 12.5 | 14.0 | 16.0 |
| >1 250 且 ≤1 600 | 4.2 | 6.3 | 9.0 | 12.5 | 16.0 | 18.0 | 20.0 |
| >1 600 且 ≤2 000 | 5.6 | 8.0 | 11.0 | 16.0 | 20.0 | 22.0 | 25.0 |
| >2 000 且 ≤2 500 | 7.5 | 10.0 | 14.0 | 20.0 | 25.0 | 28.0 | 32.0 |
| >2 500 且 ≤3 200 | 10.0 | 12.5 | 18.0 | 25.0 | 32.0 | 36.0 | 40.0 |
| >3 200 且 ≤4 000 | 12.5 | 16.0 | 22.0 | 32.0 | 40.0 | 45.0 | 50.0 |
| >4 000 且 ≤5 000 | 16.0 | 20.0 | 28.0 | 40.0 | 50.0 | 56.0 | 63.0 |
| >5 000 且 ≤6 300 | 20.0 | 25.0 | 36.0 | 50.0 | 63.0 | 71.0 | 80.0 |
| >6 300 且 ≤8 000 | 25.0 | 32.0 | 45.0 | 63.0 | 80.0 | 90.0 | 100.0 |
| >8 000 且 ≤10 000 | 32.0 | 40.0 | 56.0 | 80.0 | 100.0 | 110.0 | 125.0 |
| >10 000 且 ≤12 500 | 40.0 | 50.0 | 71.0 | 100.0 | 125.0 | 140.0 | 160.0 |
| 注 1：绕组漆包线认为是裸露导线，但考虑到 GB 4706.1—2005 中 29.1.1 的要求，爬电距离不必大于表 2 规定的相应的电气间隙。 注 2：对于不会发生漏电起痕的玻璃、陶瓷和其他无机绝缘材料，爬电距离不必大于相应的电气间隙。 注 3：除了隔离变压器的次级电路，工作电压不认为小于器具的额定电压。 | | | | | | | |
| ^a 如果工作电压不超过 50 V，允许使用材料组 III b。 | | | | | | | |

附加绝缘的爬电距离至少为基本绝缘规定值。

加强绝缘的爬电距离至少为基本绝缘规定值的两倍。

功能性绝缘的爬电距离不应小于表 4。



表 4 功能性绝缘的最小爬电距离

| 工作电压 V | 爬电距离 mm | | | | | | |
|---|------------|--------|------|--------------|-------|-------|------------------|
| | 污染等级 1 | 污染等级 2 | | 污染等级 3 | | | |
| | | 材料组 | | | 材料组 | | |
| | | I | II | III a/ III b | I | II | III a/ III b |
| ≤50 | 0.2 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.4 | 1.6 | 1.8 ^a |
| >50 且 ≤125 | 0.3 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
| >125 且 ≤250 | 0.4 | 1.0 | 1.4 | 2.0 | 2.5 | 2.8 | 3.2 |
| >250 且 ≤400 ^b | 0.8 | 1.6 | 2.2 | 3.2 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| >400 且 ≤500 | 1.0 | 2.0 | 2.8 | 4.0 | 5.0 | 5.6 | 6.3 |
| >500 且 ≤800 | 1.8 | 3.2 | 4.5 | 6.3 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| >800 且 ≤1 000 | 2.4 | 4.0 | 5.6 | 8.0 | 10.0 | 11.0 | 12.5 |
| >1 000 且 ≤1 250 | 3.2 | 5.0 | 7.1 | 10.0 | 12.5 | 14.0 | 16.0 |
| >1 250 且 ≤1 600 | 4.2 | 6.3 | 9.0 | 12.5 | 16.0 | 18.0 | 20.0 |
| >1 600 且 ≤2 000 | 5.6 | 8.0 | 11.0 | 16.0 | 20.0 | 22.0 | 25.0 |
| >2 000 且 ≤2 500 | 7.5 | 10.0 | 14.0 | 20.0 | 25.0 | 28.0 | 32.0 |
| >2 500 且 ≤3 200 | 10.0 | 12.5 | 18.0 | 25.0 | 32.0 | 36.0 | 40.0 |
| >3 200 且 ≤4 000 | 12.5 | 16.0 | 22.0 | 32.0 | 40.0 | 45.0 | 50.0 |
| >4 000 且 ≤5 000 | 16.0 | 20.0 | 28.0 | 40.0 | 50.0 | 56.0 | 63.0 |
| >5 000 且 ≤6 300 | 20.0 | 25.0 | 36.0 | 50.0 | 63.0 | 71.0 | 80.0 |
| >6 300 且 ≤8 000 | 25.0 | 32.0 | 45.0 | 63.0 | 80.0 | 90.0 | 100.0 |
| >8 000 且 ≤10 000 | 32.0 | 40.0 | 56.0 | 80.0 | 100.0 | 110.0 | 125.0 |
| >10 000 且 ≤12 500 | 40.0 | 50.0 | 71.0 | 100.0 | 125.0 | 140.0 | 160.0 |
| 注 1：对于工作电压小于 250 V 且污染等级 1 和污染等级 2 的 PTC 电热元件，PTC 材料表面上爬电距离不必大于相应的电气间隙，但其端子间的爬电距离按本表规定。 | | | | | | | |
| 注 2：对于不会发生漏电起痕的玻璃、陶瓷和其他无机绝缘材料，爬电距离不必大于相应的电气间隙。 | | | | | | | |
| ^a 如果工作电压不超过 50 V，允许使用材料组 III b。 | | | | | | | |
| ^b 额定电压为 380 V～415 V 的器具，其相线间工作电压为 >250 V 且 ≤400 V。 | | | | | | | |

以上限值适用于海拔高度 2 000 m 及以下区域。
此范围不满足时，见 GB 4706.1—2005 中第 29 章的相关规定。

5.5 静电放电

5.5.1 HBM 静电放电模式

按 6.6.1 进行试验，HBM 静电放电模式 ≥2 000 V。

5.5.2 MM 静电放电模式

按 6.6.2 进行试验，MM 静电放电模式 ≥200 V。

5.5.3 CDM 静电放电模式

按 6.6.3 进行试验,CDM 静电放电模式 ≥ 300 V。

5.6 应用 ICU 的电子线路板电磁兼容要求

5.6.1 连续骚扰电压

按 6.7.1 进行试验,应符合 GB 4343.1—2018 中 4.1.1 和第 10 章的要求。

5.6.2 断续骚扰电压

按 6.7.2 进行试验,应符合 GB 4343.1—2018 中 4.2、第 10 章、附录 A 和附录 C 的要求。

5.6.3 连续骚扰功率

按 6.7.3 进行试验,限值应符合 GB 4343.1—2018 中 4.1.2.1、4.1.2.3 和第 10 章的要求。

5.6.4 辐射发射

按 6.7.4 进行试验,限值应符合 GB 4343.1—2018 中 4.1.2.2、4.1.2.3 和第 10 章的要求。

5.6.5 静电放电抗扰度

按 6.7.5 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.1 的要求,试验结果应满足 5.6.11 的性能判据 B。

5.6.6 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 6.7.6 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.2 的要求,试验结果应满足 5.6.11 的性能判据 B。

5.6.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按 6.7.7 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.3 和 5.4 的要求,试验结果应满足 5.6.11 的性能判据 A。

5.6.8 射频电磁场辐射抗扰度

对于内部时钟频率或振荡频率超过 15 MHz 的电子线路板,按 6.7.8 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.5 的要求,试验结果应满足 5.6.11 的性能判据 A。

5.6.9 浪涌(冲击)抗扰度

按 6.7.9 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.6 的要求,试验结果应满足 5.6.11 的性能判据 B。

5.6.10 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

按 6.7.10 进行试验,试验电平应符合 GB/T 4343.2—2009 中 5.7 的要求,试验结果应满足 5.6.11 的性能判据 C。

5.6.11 电磁兼容抗扰度性能判据

下列性能判据适用于 5.6.5~5.6.10。

性能判据 A:在试验过程中 ICU 应按预期连续运行。当 ICU 按预期使用时,其性能降低或动能丧失不准许低于制造商规定的性能水平或可容许的性能丧失。如果制造商未规定最低的性能水平或可容许的性能丧失,则可从产品规格书、文件及用户按预期使用时对 ICU 的合理期望中推断。

性能判据 B:试验后 ICU 应按预期继续运行。当 ICU 按预期使用时,其性能降低或功能丧失不准许低于制造商规定的性能水平或可容许的性能丧失。在试验过程中,性能下降是允许的,但不准许实际运行状态或存储数据有所改变。如果制造商未规定最低的性能水平或可容许的性能丧失,则可从产品规格书、文件及用户按预期使用时对 ICU 的合理期望中推断。

性能判据 C:允许出现暂时的功能丧失,只要这种功能可自行恢复,或者是通过操作控制器或按规格书规定进行操作来恢复。

5.7 可靠性要求

5.7.1 可焊性

按 6.8.1 进行试验,试验样品引脚浸入部分应上锡明亮光滑,只允许有少量分散的如针孔不浸润或弱浸润之类的缺陷,且这些缺陷不出现在同一位置。

5.7.2 耐焊接热

5.7.2.1 通孔安装 ICU 的耐焊接热

按 6.8.2.1 进行试验,试验样品不应出现非安装或人为操作导致的封装裂纹、破碎、断裂等机械损伤,不应出现正常或极限条件下的功能丧失、密封器件漏气等情况。试验样品的电性能测试应符合 5.3 的要求。

5.7.2.2 表面安装 ICU 的耐焊接热

按 6.8.2.2 进行试验,试验样品不应出现裂纹和鼓包,电性能测试应符合 5.3 的要求。

5.7.3 环境耐久性试验

5.7.3.1 低温存储

按 6.8.3.1 进行试验。测试后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.7.3.2 高温存储

按 6.8.3.2 进行试验。测试后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.7.3.3 热循环

按 6.8.3.3 进行试验。测试后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.7.3.4 温度快速变化

按 6.8.3.4 进行试验。测试后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.7.3.5 恒定湿热

按 6.8.3.5 进行试验。测试后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.7.3.6 高温蒸煮

按 6.8.3.6 进行测试。测试后,试验样品外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.7.3.7 湿敏等级

按 IPC/JEDEC J-STD-020E 中第 5 部分的要求,ICU 根据封装类型、本体尺寸、引出端数量等确定潮湿敏感度等级,最少应满足表 5 中的 3 级要求。试验样品按 6.8.3.7 测试后,试验结果重量变化应小于或等于 0.5%,且试验后不应出现下列情况:

- a) 用 40 倍光学显微镜可见外部裂缝;
- b) 电气测试故障;
- c) 用扫描声学显微镜可见横跨绑定线、球焊或楔焊的内部裂缝。

表 5 潮湿敏感度等级

| 等级 | 车间寿命 | | 吸收要求 | | | | |
|--|----------|-----------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | 标准 | | 加速的等效环境 | | |
| | | | | | 热活化能 0.40 eV~0.48 eV | 热活化能 0.30 eV~0.39 eV | 环境 (温度/相对湿度) |
| | 时间 | 环境 (温度/相对湿度) | 时间 h | 环境 (温度/相对湿度) | 时间 h | 时间 h | |
| 1 | 不受限 | ≤30℃/85% | 168 ⁺⁵ ₀ | 85℃/85% | NA | NA | NA |
| 2 | 365 d | ≤30℃/60% | 168 ⁺⁵ ₀ | 85℃/60% | NA | NA | NA |
| 2a | 28 d | ≤30℃/60% | 696 ⁺⁵ ₀ | 30℃/60% | 120 ⁺¹ ₀ | 168 ⁺¹ ₀ | 60℃/60% |
| 3 | 168 h | ≤30℃/60% | 192 ⁺⁵ ₀ | 30℃/60% | 40 ⁺¹ ₀ | 52 ⁺¹ ₀ | 60℃/60% |
| 4 | 72 h | ≤30℃/60% | 96 ⁺² ₀ | 30℃/60% | 20 ^{+0.5} ₀ | 24 ^{+0.5} ₀ | 60℃/60% |
| 5 | 48 h | ≤30℃/60% | 72 ⁺² ₀ | 30℃/60% | 15 ^{+0.5} ₀ | 20 ^{+0.5} ₀ | 60℃/60% |
| 5a | 24 h | ≤30℃/60% | 48 ⁺² ₀ | 30℃/60% | 10 ^{+0.5} ₀ | 13 ^{+0.5} ₀ | 60℃/60% |
| 6 | 标签 时间 | ≤30℃/60% | 标签 时间 | 30℃/60% | NA | NA | NA |
| 注 1: 车间寿命时间是表示从防潮包装中取出器件到器件通过回流焊处理之间的时间。 | | | | | | | |
| 注 2: 0.40 eV~0.48 eV 栏通常适用于含铅焊料引线的器件。 | | | | | | | |
| 注 3: 0.30 eV~0.39 eV 栏通常适用于无铅焊料引线的器件。 | | | | | | | |

5.7.3.8 盐雾

按 6.8.3.8 进行试验,应符合下述要求:

- a) 试验样品试验后目视检查,其引脚腐蚀面积不超过 3%;
- b) 试验样品试验后电参数测试结果符合 5.3 规定的额定值。

5.7.3.9 振动和温度综合试验

按 6.8.3.9 进行试验,应符合下述要求:

- a) 试验样品在低温步进中,低温工作极限能达到产品规格书要求;
- b) 试验样品在高温步进中,高温工作极限能达到产品规格书要求;
- c) 试验样品在快速温度变化中,不应出现故障;
- d) 试验样品在振动步进中,不应出现故障,振动的方均根加速度(见 GB/T 29309—2012)极限能够达到 $12 g_{\text{rms}}$;
- e) 试验样品在综合应力试验中,不应出现故障。

5.7.3.10 高温连续运行

按 6.8.3.10 进行试验,试验过程中不应出现故障。试验后,试验样品的电性能满足 5.3 的要求。

5.7.3.11 高温高湿偏压

按 6.8.3.11 进行试验,试验过程中不应出现故障。试验后,试验样品的电性能满足 5.3 的要求。

5.7.4 功能安全性

按 6.8.4 进行试验,用于家用和类似用途电器安全控制的试验样品,应提供配套的功能安全软件库,且软件库应至少覆盖 IEC 60335-1:2016 附录 R 中表 R.1 或表 R.2 的要求。

注: IEC 60335-1:2016 附录 R 中表 R.1 和表 R.2 的要求与 IEC 60730-1:2013 附录 H 中表 H.1 的要求是等同的。

5.7.5 典型应用场景耐久性

按 6.8.5 进行试验。试验过程中,试验样品不应损坏,试验样品所在测试样机不应发生故障。

若出现故障的原因与试验样品无关,可再更换相关零件后继续进行试验。

试验样品试验后,外观应无损伤,电性能测试结果与试验前初始值偏差在 20% 内。

5.8 机械强度试验

5.8.1 振动

按 6.9.1 进行试验。试验后,试验样品外观完好无损伤,电参数测试结果符合 5.3 规定的额定值。

5.8.2 引出端拉力

按 6.9.2 进行试验,引线 with 试验样品本体之间无断裂、松动或相对移动,结构尺寸、功能无异常。

注: 该试验针对通孔插装元器件进行。

5.8.3 引出端弯曲

按 6.9.3 进行试验,引出端与试验样品本体之间无断裂、松动或相对移动,结构尺寸、功能无异常。

注: 该试验针对通孔插装元器件进行。

5.8.4 抗弯曲强度

按 6.9.4 进行试验。试验后,试验样品外观无损伤,试验结果与测试初始值偏差在 20% 内。

注: 该试验针对表面贴装元器件。

5.8.5 附着力

按 6.9.5 进行试验。试验后,试验样品外观无损伤,引出端焊盘应固定于试样上。

注:该试验针对表面贴装元器件。

5.9 限用物质

构成 ICU 的各均质材料中,铅、汞、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸甲基丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二异丁酯的含量不得超过 0.1%(质量分数),镉的含量不得超过 0.01%(质量分数)。

6 试验方法

6.1 一般试验条件

除非另有规定,所有试验都应在 GB/T 2421—2020 中表 2 规定的测量和试验用标准大气条件下进行。

6.2 外观质量

目检试验样品外观,用不大于 20 倍放大倍数的显微镜观察,观察部位包括 ICU 的正面、反面、引脚。用脱脂棉浸渍清洁溶液($55\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水或去离子水)拭擦标志,拭擦 10 s。

6.3 外形尺寸

用游标卡尺和塞规尺等工具测试。

6.4 电性能

6.4.1 通则

以下电性能参数测试条件参见附录 A 提供的参考电路。

6.4.2 绝对最大额定电压

给试验样品提供直流电源,I/O 引脚均开路,并串联电流表监测流经电源引脚的工作电流。将直流电源电压以小于 0.1 V/S 的变化率调至绝对最大额定值,此时的工作电流相对于电源电压的增长比率(dI/dV)出现 40% 以上的突变或者出现 10 mA 以上的突然增加,判断试验样品损坏,否则判断没有损坏。

6.4.3 工作电压

用电压表并联试验样品的 $V_{DD} + \text{GND}$,其某个 I/O 引脚输出方波,直流稳压源按照规格书标称的工作电压从低到高调节,测量 I/O 引脚的输出。

6.4.4 工作电流

在规格书要求的工作模式下,不带负载,用电流表串联试验样品的 $V_{DD} + \text{GND}$,按规格书要求正常给额定电压,测量工作电流。

6.4.5 工作温度

按规格书要求给定试验样品额定电压,将某个输出为方波的 I/O 引脚置于恒温箱内,从低到高调节温度,测量试验样品可以稳定输出方波时对应的最低和最高工作温度。

6.4.6 待机/休眠电流

在规格书要求的工作模式下,不带负载,用电流表串联并联 ICU 的 $V_{DD}+GND$,试验样品按规格书要求正常给额定电压并进入待机/休眠模式,测量对应的工作电流。

6.4.7 输出能力

试验样品按规格书要求正常给额定电压 V_{DD} ,同时并联电压表监视 I/O 引脚 V_{DD} 。用电流表通过可变电阻对 GND 串联 I/O 引脚,I/O 引脚输出高为起始状态,调节可变电阻的阻值,到电压表测量到的电压为 $V_{DD} \times 90\%$ 的时候,读取电流表的电流,即为高电平输出电流能力。

反之同等,试验样品按规格书要求正常给额定电压 V_{DD} ,同时并联电压表监视 GND,用电流表通过可变电阻对 V_{DD} 串联 I/O 引脚,I/O 引脚输出低为起始状态,调节可变电阻的阻值,到电压表测量到的电压为 $V_{DD} \times 10\%$ 的时候,读取电流表的电流,即为低电平输出电流能力。

6.4.8 输入电压范围

试验样品按规格书要求正常给额定电压 V_{DD} ,I/O 引脚 A 输入三角波,I/O 引脚 B 输出 I/O 引脚 A 读取的电平。当 I/O 引脚 B 输出高电平的时候,对应的 I/O 引脚 A 三角波的电压即为 V_{IH} 的最小值;反之,当 I/O 引脚 B 输出低电平的时候,对应的 I/O 引脚 A 三角波的电压即为 V_{IL} 的最小值。

6.4.9 内部时钟频率稳定度

试验样品按规格书要求正常给额定电压 V_{DD} ,定时器给出稳定的方波,测量此方波的频率稳定度 $<2\%$ 即满足要求。

6.4.10 低压复位值

试验开始前,确认 ICU 复位功能打开。按规格书要求通过直流稳压源正常给额定电压 V_{DD} ,直流稳压源逐步降低供电,直到试验样品发生复位,此时的电压值即为低压复位值。

6.4.11 ADC 精度

使用试验样品 ADC 精度四倍及以上分辨率的测试机进行测量。

6.4.12 PWM 精度

试验样品按规格书要求正常给额定电压 V_{DD} ,通过程序控制 PWM 输出,测量输出波形的占空比。

6.4.13 通信接口类型和数量

试验样品与外部支持 UART、SPI、I²C 的设备通信,可以建立通信即认为满足要求。

6.5 绝缘强度

6.5.1 电气间隙

按 GB/T 16935.1 进行试验。

6.5.2 爬电距离

按 GB/T 16935.1 进行试验。

6.6 静电放电

6.6.1 HBM 静电放电模式

按 IEC 60749-26 进行 HBM 静电放电模式测试。

静电放电电阻:1.5 k Ω ,静电放电电容:100 pF,放电次数 3 次,时间间隔:1.0 s。测试原理如图 1 所示。

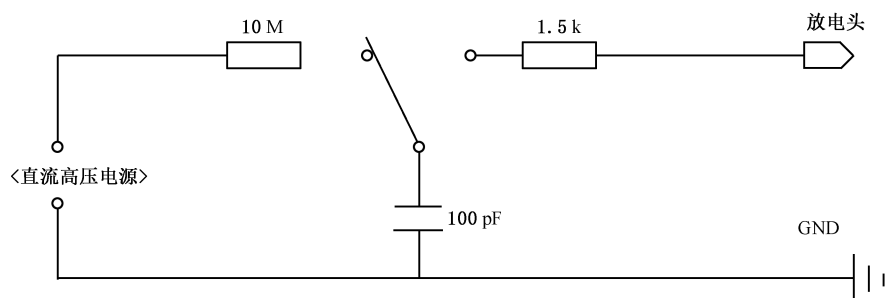


图 1 HBM 静电放电模式典型测试原理图

6.6.2 MM 静电放电模式

按 IEC 60749-27 进行 MM 静电放电模式测试。

静电放电电阻:0 Ω ,静电放电电容:200 pF,放电次数 3 次,时间间隔:1 s。测试原理如图 2 所示。

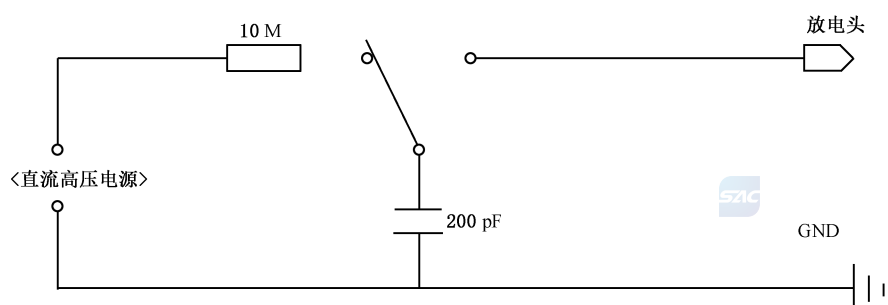


图 2 MM 静电放电模式典型测试原理图

6.6.3 CDM 静电放电模式

按 IEC 60749-28 进行 CDM 静电放电模式测试。

试验前,使用离子风扇或其他方法处理以确保试验样品不带电;

试验时,试验样品引脚向上放置于铺有绝缘层(如,塑料层)的金属带电电极上,对金属带电电极通以 500 V 高电压电源进行充电 1 s,充电完成使用探针对试验样品引脚接地放电。测试原理如图 3 所示。

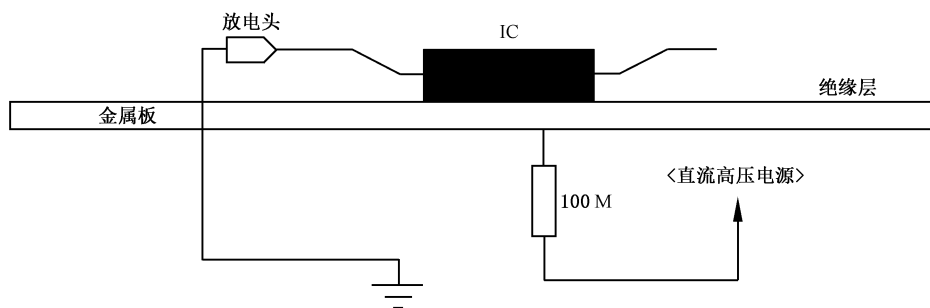


图 3 CDM 静电放电模式测试原理图

6.7 应用 ICU 的电子线路板电磁兼容测试

6.7.1 连续骚扰电压

按 GB 4343.1—2018 中第 5 章和第 7 章的方法进行试验。

6.7.2 断续骚扰电压

按 GB 4343.1—2018 中第 5 章、第 7 章和附录 D 的方法进行试验。

6.7.3 连续骚扰功率

按 GB 4343.1—2018 中第 6 章和第 7 章的方法进行试验。

6.7.4 辐射发射

按 GB 4343.1—2018 中第 7 章和第 9 章的方法进行试验。

6.7.5 静电放电抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.1 的方法进行试验。

6.7.6 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.2 的方法进行试验。

6.7.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.3 和 5.4 的方法进行试验。

6.7.8 射频电磁场辐射抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.5 的方法进行试验。

注：应用 ICU 的电子线路板内部时钟频率或振荡频率超过 15 MHz，需进行此项测试。

6.7.9 浪涌(冲击)抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.6 的方法进行试验。

6.7.10 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度

按 GB/T 4343.2—2009 中 5.7 的方法进行试验。

6.8 可靠性试验

6.8.1 焊锡可靠性

按 GB/T 4937.21—2018 中第 4 章进行试验，将试验样品取出后用 10 倍～20 倍放大镜观察。

6.8.2 耐焊接热

6.8.2.1 通孔安装 ICU 的耐焊接热

按 GB/T 4937.15—2018 中第 5 章进行试验，放大 10 倍～20 倍检查。

6.8.2.2 表面安装 ICU 的耐焊接热

按 GB/T 4937.20—2018 中第 5 章进行试验，在 40 倍显微镜下进行外观检查。

6.8.3 环境耐久性试验

6.8.3.1 低温存储

按 GB/T 2423.1—2008 中 5.2 进行试验，选择低温环境指标，在低温环境贮存 168 h，取出在常温放置 2 h 进行恢复，之后进行电性能检测。

低温环境指标：Level I $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，Level II $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，Level III $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。



6.8.3.2 高温存储

按 GB/T 2423.2—2008 中 5.2 进行试验,选择高温环境指标,在高温环境贮存 168 h,取出在常温放置 2 h 进行恢复,之后进行电性能检测。

高温环境指标:Level I 55℃, Level II 65℃, Level III 85℃。

6.8.3.3 热循环

按 GB/T 2423.22—2012 中第 8 章进行试验,温度范围(−40±3)℃~(125±3)℃,转换时间为 5 min (以冲击箱的极限能力为准),高、低温各保持 30 min,做 200 个周期,试验样品试验后常态下恢复 2 h,之后进行电性能检测。

6.8.3.4 温度快速变化

按 GB/T 2423.22—2012 中第 7 章进行试验,选择温度快速变化指标,转换时间不超过 10 s,在温度快速变化试验完成后,取出在常温放置 2 h 进行恢复,之后进行电性能检测。

温度快速变化指标如表 6 所示。

表 6 快速变化温度允差 单位为摄氏度

| 试验条件 | | A | B | C | D |
|------|------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | 温度 | 温度 | 温度 | 温度 |
| 步骤 1 | 温度允差 | +85 ⁺¹⁰ ₀ | +100 ⁺¹⁰ ₀ | +125 ⁺¹⁰ ₀ | +150 ⁺¹⁰ ₀ |
| 步骤 2 | 温度允差 | −40 ⁰ _{−10} | 0 ⁰ _{−10} | −55 ⁰ _{−10} | −65 ⁰ _{−10} |

6.8.3.5 恒定湿热

试验样品在相对湿度(93±3)%、温度(47±3)℃的湿热箱或室内进行 48 h 试验。在湿热处理期间,试验样品不通电。

6.8.3.6 高温蒸煮

按 IEC 60749-33:2004 进行测试。

温度(121±2)℃,气压 202 kPa (2ATM),相对湿度 100% 的环境下,当温湿度升到设定值开始计时,当结束测试温湿度开始下降时停止计时,累计放置 48⁺²₀ h。试验样品试验后常态下恢复 2 h~48 h 以内,进行电性能检测。

试验采用电阻率大于 1 MΩ·cm 的蒸馏水或去离子水,试验完毕后,蒸煮仪内腔应无锈迹、水垢、污渍。

6.8.3.7 湿敏等级

用烘培测试仪测试试验样品封装材料中的水汽含量。

根据试验样品的潮湿敏感度等级,按表 4 中对应的吸收要求进行潮气吸收(吸收前试验样品应在 125℃~130℃温度条件下烘烤 24 h),吸收周期结束后进行 3 次回流焊,回流焊温度与时间关系应按 IPC/JEDEC J-STD-020E 中 5.6 规定的要求设定。

6.8.3.8 盐雾

按 GB/T 2423.17—2008 中第 6 章进行试验,5%NaCl 溶液,盐雾沉降量 1 mL/(80 cm²·h)~2 mL/(80 cm²·h), T_a=(35±2)℃,试验 48 h 后,用纯净水冲洗干净,自然晾干 2 h~3 h。

6.8.3.9 振动和温度综合试验

按 GB/T 29309—2012 进行试验。试验中,试验样品按照产品规格书中的典型工作值进行加载,工作模式、测试程序可由供需双方进行协商。

6.8.3.10 高温连续运行

环境温度 $T_a=(125\pm5)^{\circ}\text{C}$ 。试验中,试验样品按照产品规格书中的典型工作值进行加载,工作模式、测试程序可由供需双方进行协商。

带电 168^{+5}_0 h 后,切断电源,试验样品试验后常态下恢复 2 h,按照 6.4 测试试验样品的电参数。

6.8.3.11 高温高湿偏压

试验环境温度 85°C ,相对湿度 85%。试验中,试验样品按照产品规格书中的典型工作值进行加载,工作模式、测试程序可由供需双方进行协商。

带电 168^{+5}_0 h 后,切断电源,试验样品试验后常态下恢复 2 h,按照 6.4 测试试验样品的电参数。

6.8.4 功能安全性

按 IEC 60335-1:2016 附录 R 或 IEC 60730-1:2013 附录 H,通过对试验样品功能安全软件库进行代码审查,并对装有功能安全软件库的试验样品进行故障注入测试来验证软件库的有效性。

6.8.5 典型应用场景耐久性

按照家用和类似用途电器中的典型应用场景,将应用试验样品的家电整机置于测试场景中进行测试。

测试条件参见附录 B,并由供需双方协商确定。

6.9 机械强度试验

6.9.1 振动

按 GB/T 2423.10—2019 中第 8 章、附录 A 和附录 B 的方法进行试验,将试验样品牢固地固定在振动台上,然后在试验样品的 XYZ 三个相互垂直方向上分别振动 2 h,振动频率为 10 Hz~55 Hz,振动的位移峰值振幅为 1.5 mm。试验后恢复 2 h,放大 10 倍~20 倍观察试验样品。

6.9.2 引出端拉力

按 GB/T 2423.60 进行试验,将试验样品主体固定,沿离开试样的引出端轴向施加拉力,按表 7 中要求的拉力保持 $10\text{ s}\pm 1\text{ s}$ (拉力应逐渐施加,没有任何冲击)。试验后,放大 10 倍~20 倍观察试验样品。

表 7 引脚拉力强度要求

| 外引线标称截面积 S mm^2 | 相应的圆形引出端截面的直径 d mm | 拉力 N |
|-------------------------------|----------------------------------|---------|
| $S\leq 0.05$ | $d\leq 0.25$ | 1 |
| $0.05<S\leq 0.07$ | $0.25<d\leq 0.3$ | 2.5 |
| $0.07<S\leq 0.2$ | $0.3<d\leq 0.5$ | 5 |
| $0.2<S\leq 0.5$ | $0.5<d\leq 0.8$ | 10 |
| $0.5<S\leq 1.2$ | $0.8<d\leq 1.25$ | 20 |
| $S>1.2$ | $d>1.25$ | 40 |

6.9.3 引出端弯曲

按 GB/T 2423.60 进行试验,将试验样品主体固定,在引出端末端的轴向垂直方向悬挂施加弯曲力的砝码,按表 8 中要求增加弯曲力,将试验样品主体在 2 s~3 s 内在垂直平面倾斜大约 90°,然后以同样的时间使其恢复到初始位置作为 1 次弯曲。每个方向弯曲 1 次,共 2 次。试验后,放大 10 倍~20 倍观察试验样品。

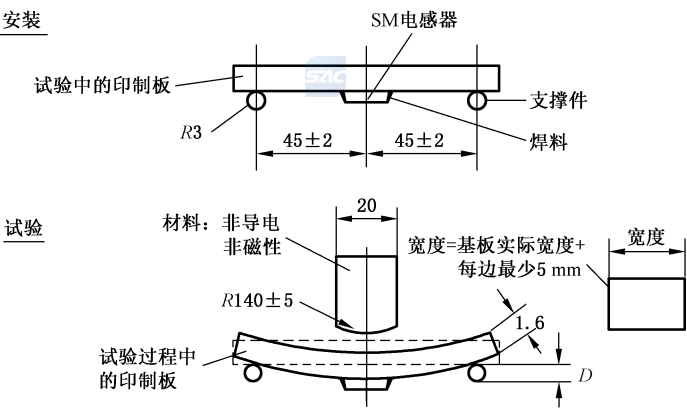
表 8 引脚弯曲强度要求

| 截面模量 Z^a mm ³ | 相应的圆截面引出端直径 d mm | 推力 (容差 10%) N |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------|
| $Z \leq 0.001\ 5$ | $d \leq 0.25$ | 0.5 |
| $0.001\ 5 < Z \leq 0.004\ 2$ | $0.25 < d \leq 0.35$ | 1.25 |
| $0.004\ 2 < Z \leq 0.012$ | $0.35 < d \leq 0.5$ | 2.5 |
| $0.012 < Z \leq 0.05$ | $0.5 < d \leq 0.8$ | 5 |
| $0.05 < Z \leq 0.19$ | $0.8 < d \leq 1.25$ | 10 |
| $Z > 0.19$ | $d > 1.25$ | 20 |
| ^a $Z = \pi d^3 / 32$ 。 | | |

6.9.4 抗弯曲强度

按 GB/T 2423.60 进行试验,将贴片器件焊接在厚度为(1.6±0.2) mm 的 PCB 上,然后将焊接有试验贴片器件的 PCB 放置在如图 4 所示的试验装置中,按 1.0 mm/s 的速率弯曲,弯曲距离 2 mm;维持时间为(5±1)s;维持 PCB 弯曲状态下测量贴片器件的关键参数。

单位为毫米



注 1: PCB 板材与板厚按照实际设计选取 (例如, 板材: FR-4; 厚度: 1.6 mm±0.2 mm), 焊盘尺寸由供需双方进行协商。
注 2: 焊接要求用钢网刷锡膏过回流焊, 禁止手工焊。

图 4 试验装置示意图

6.9.5 附着力

按 GB/T 2423.60 进行试验,按照 6.9.4 中的方法安装贴片器件,用推力器具与试验样品无冲击的相接触,然后对贴片器件的主体(与试验基板平面垂直的试样正面中心)逐步匀速增加推力至 5 N,并保持 (10 ± 1) s。

6.10 限用物质

按 IEC 62321(所有部分)进行试验,测试试验样品中的铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸甲苯基丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二异丁酯十种限用物质含量。

7 检验规则

7.1 成品检验

ICU 的成品检验可分为型式检验和交收检验。
型式检验和交收检验的检验项目、要求和试验方法见表 9。

表 9 检验项目

| 序号 | 检验项目 | 本标准 | | 成品检验 | |
|----|------------|--------|--------|------|------|
| | | 要求 | 试验方法 | 型式检验 | 交收检验 |
| 1 | 外观 | 5.1 | 6.2 | √ | √ |
| 2 | 外形尺寸 | 5.2 | 6.3 | √ | √ |
| 3 | 绝对最大额定电压 | 5.3.1 | 6.4.2 | √ | √ |
| 4 | 工作电压 | 5.3.2 | 6.4.3 | √ | √ |
| 5 | 工作电流 | 5.3.3 | 6.4.4 | √ | √ |
| 6 | 工作温度 | 5.3.4 | 6.4.5 | √ | √ |
| 7 | 待机/休眠电流 | 5.3.5 | 6.4.6 | √ | √ |
| 8 | 输出能力 | 5.3.6 | 6.4.7 | √ | √ |
| 9 | 输入电压范围 | 5.3.7 | 6.4.8 | √ | √ |
| 10 | 内部时钟频率稳定度 | 5.3.8 | 6.4.9 | √ | √ |
| 11 | 低压复位值 | 5.3.9 | 6.4.10 | √ | √ |
| 12 | ADC 精度 | 5.3.10 | 6.4.11 | √ | √ |
| 13 | PWM 精度 | 5.3.11 | 6.4.12 | √ | √ |
| 14 | 通信接口类型和数量 | 5.3.12 | 6.4.13 | √ | √ |
| 15 | 电气间隙 | 5.4.1 | 6.5.1 | √ | — |
| 16 | 爬电距离 | 5.4.2 | 6.5.2 | √ | — |
| 17 | HBM 静电放电模式 | 5.5.1 | 6.6.1 | √ | — |
| 18 | MM 静电放电模式 | 5.5.2 | 6.6.2 | √ | — |
| 19 | CDM 静电放电模式 | 5.5.3 | 6.6.3 | √ | — |

表 9 (续)

| 序号 | 检验项目 | 本标准 | | 成品检验 | |
|----------------------|-------------------|----------|----------|------|------|
| | | 要求 | 试验方法 | 型式检验 | 交收检验 |
| 20 | 连续骚扰电压 | 5.6.1 | 6.7.1 | √ | — |
| 21 | 断续骚扰电压 | 5.6.2 | 6.7.2 | √ | — |
| 22 | 连续骚扰功率 | 5.6.3 | 6.7.3 | √ | — |
| 23 | 辐射发射 | 5.6.4 | 6.7.4 | √ | — |
| 24 | 静电放电抗扰度 | 5.6.5 | 6.7.5 | √ | — |
| 25 | 电快速瞬变脉冲群抗扰度 | 5.6.6 | 6.7.6 | √ | — |
| 26 | 射频场感应的传导骚扰抗扰度 | 5.6.7 | 6.7.7 | √ | — |
| 27 | 射频电磁场辐射抗扰度 | 5.6.8 | 6.7.8 | √ | — |
| 28 | 浪涌(冲击)抗扰度 | 5.6.9 | 6.7.9 | √ | — |
| 29 | 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度 | 5.6.10 | 6.7.10 | √ | — |
| 30 | 引脚可焊性 | 5.7.1 | 6.8.1 | √ | — |
| 31 | 引脚耐焊接热 | 5.7.2 | 6.8.2 | √ | — |
| 32 | 低温存储 | 5.7.3.1 | 6.8.3.1 | √ | — |
| 33 | 高温存储 | 5.7.3.2 | 6.8.3.2 | √ | — |
| 34 | 热循环 | 5.7.3.3 | 6.8.3.3 | √ | — |
| 35 | 温度快速变化 | 5.7.3.4 | 6.8.3.4 | √ | — |
| 36 | 恒定湿热 | 5.7.3.5 | 6.8.3.5 | √ | — |
| 37 | 高温蒸煮 | 5.7.3.6 | 6.8.3.6 | √ | — |
| 38 | 湿敏等级 | 5.7.3.7 | 6.8.3.7 | √ | — |
| 39 | 盐雾 | 5.7.3.8 | 6.8.3.8 | √ | — |
| 40 | 振动和温度综合试验 | 5.7.3.9 | 6.8.3.9 | √ | — |
| 41 | 高温连续运行 | 5.7.3.10 | 6.8.3.10 | √ | — |
| 42 | 高温高湿偏压 | 5.7.3.11 | 6.8.3.11 | √ | — |
| 43 | 功能安全性 | 5.7.4 | 6.8.4 | √ | — |
| 44 | 典型应用场景耐久性 | 5.7.5 | 6.8.5 | √ | — |
| 45 | 振动 | 5.8.1 | 6.9.1 | √ | — |
| 46 | 引出端拉力 | 5.8.2 | 6.9.2 | √ | — |
| 47 | 引出端弯曲 | 5.8.3 | 6.9.3 | √ | — |
| 48 | 抗弯曲强度 | 5.8.4 | 6.9.4 | √ | — |
| 49 | 附着力 | 5.8.5 | 6.9.5 | √ | — |
| 50 | 限用物质 | 5.9 | 6.10 | √ | — |
| 注：“√”为必检项目，“—”为非检项目。 | | | | | |

ICU 在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 试制、试产的新产品确认时;
- b) 连续生产每年至少进行一次;
- c) 间隔一年以上生产时;
- d) 产品的设计、工艺、材料有重大变动时;
- e) 主管部门认为有必要时。

注:典型应用场景耐久性在 b) 情况下可不进行。

7.2 抽样方案及合格判定

交收检验的抽样方案及合格判定由供需双方协商确定。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 产品标志

包装箱应有清晰的标志,标志内容如下:

- a) 型号及名称;
- b) 制造厂名或厂标;
- c) 数量、质量、制造年月和批次编号;
- d) 出厂日期或出厂编号;
- e) 出口产品的包装箱应有防静电和限用物质标识。

8.2 包装和运输



8.2.1 一般要求

ICU 应有包装,包装用材料应防静电、不应含有影响器件质量的酸性碱性或其他腐蚀性的物质。需要长期贮存或长途运输的元件应作防潮包装。

ICU 在避免受到机械损伤和直接雨淋的条件下可用任何运输工具运输。

8.2.2 包装件运输跌落试验

取生产包装好的一件 ICU 成品,先后进行运输跌落试验(先底面再四个侧面的顺序将包装箱各跌落一次,试验面与冲击面平行,冲击面为坚硬的水平面)。包装运输跌落试验完毕后,检查试验样品受损、变形情况,对受损样品拍图说明;再测试试验样品的电参数有无异常。

8.2.3 包装件运输跌落要求

试验后,要求:

- a) 包装箱应无散包现象;
- b) 试验样品引脚无变形、外观无破损;
- c) 电参数测试结果符合 5.3 规定的额定值。

8.3 贮存

产品应贮存在干燥、通风良好、周围应无腐蚀性有害气体等符合 GB/T 4798.1 中要求的环境中。

产品包装经拆装后需继续贮存时,应重新包装。包装箱包装的 ICU 贮存期为两年。

产品应存放在环境温度为-25℃~70℃,相对湿度不大于85%,清洁、通风良好的库房内,空气中不得含有腐蚀性气体,且应离地15cm以上。

附录 A
(资料性附录)
ICU 测试工装参考电路

ICU 测试工装参考电路示例, 见图 A.1~图 A.6。

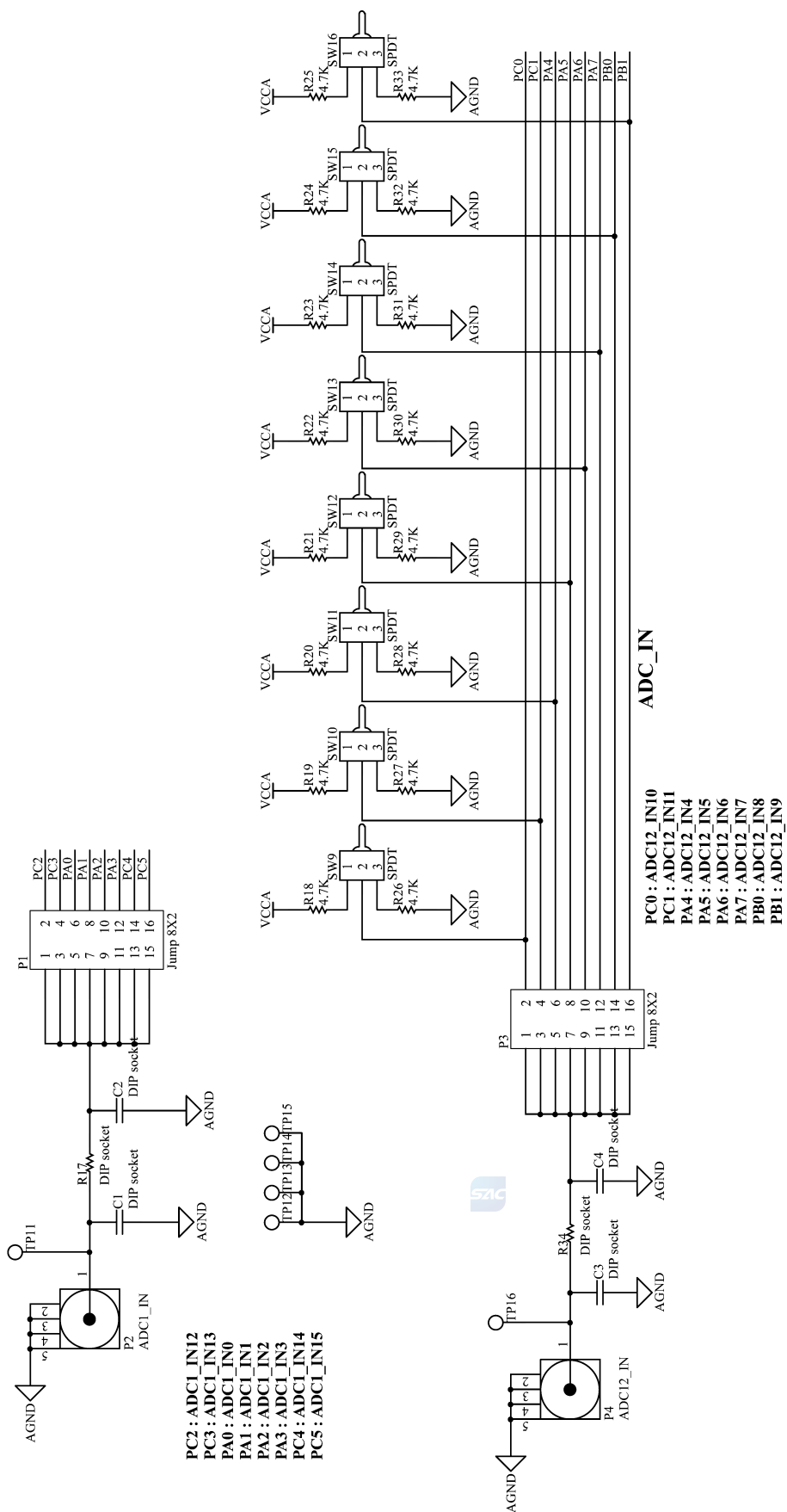
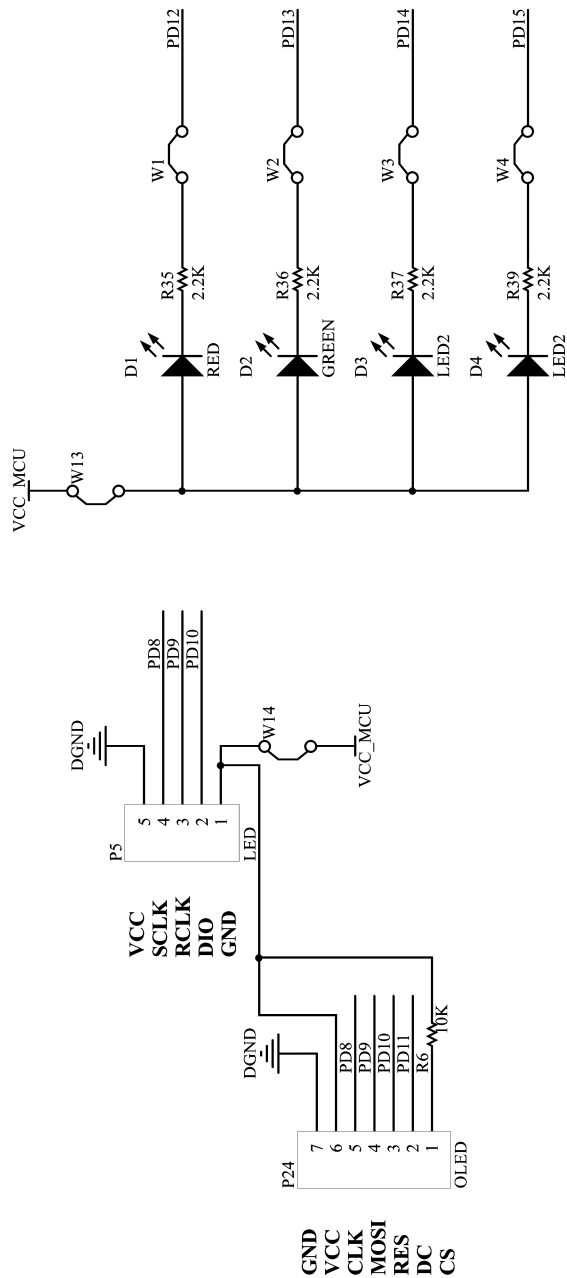


图 A.1 ICU ADC 测试电路图



LED DISPLAY

图 A.2 ICU LED 测试电路

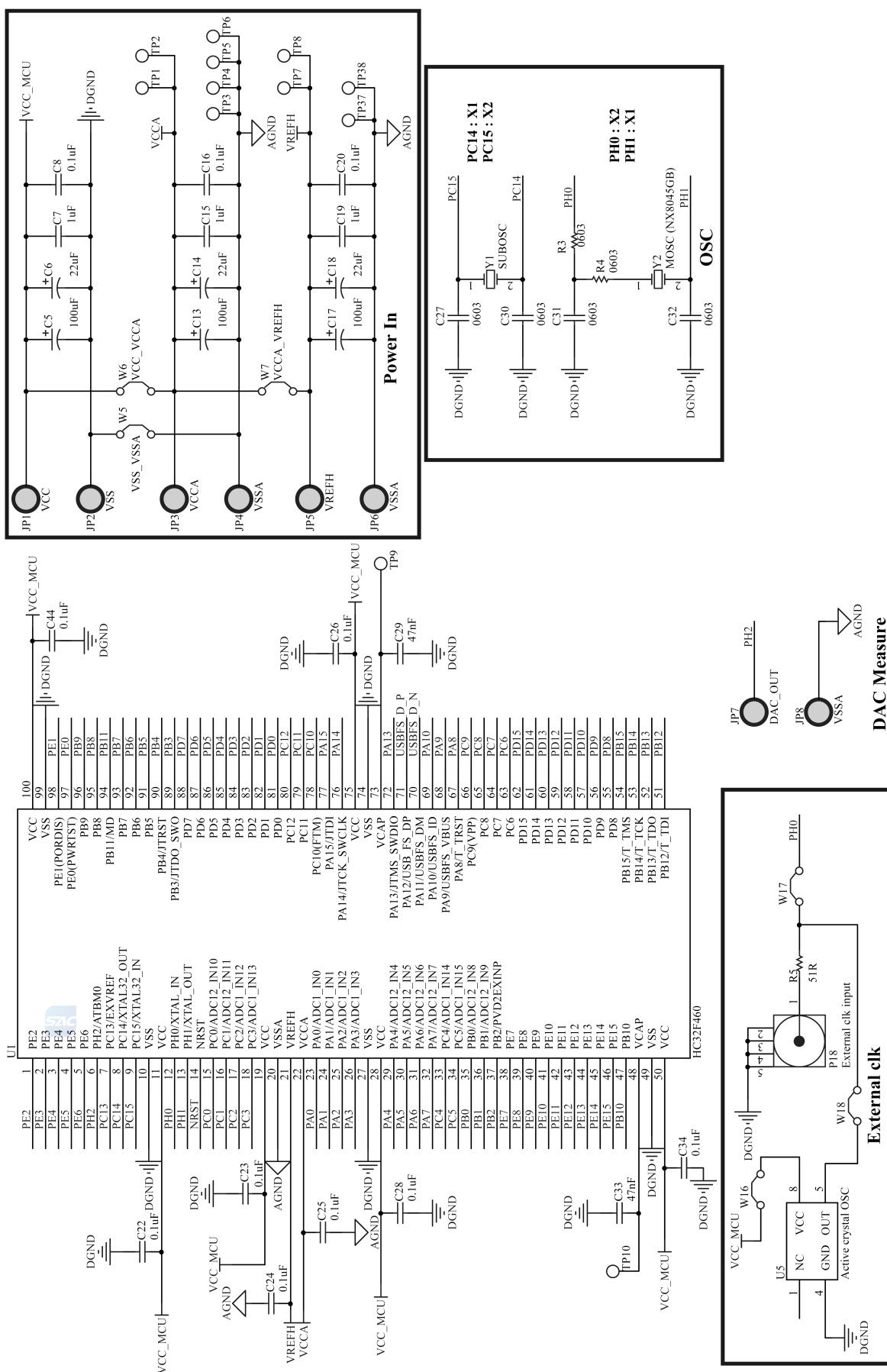


图 A.3 ICU 调试电路图 1

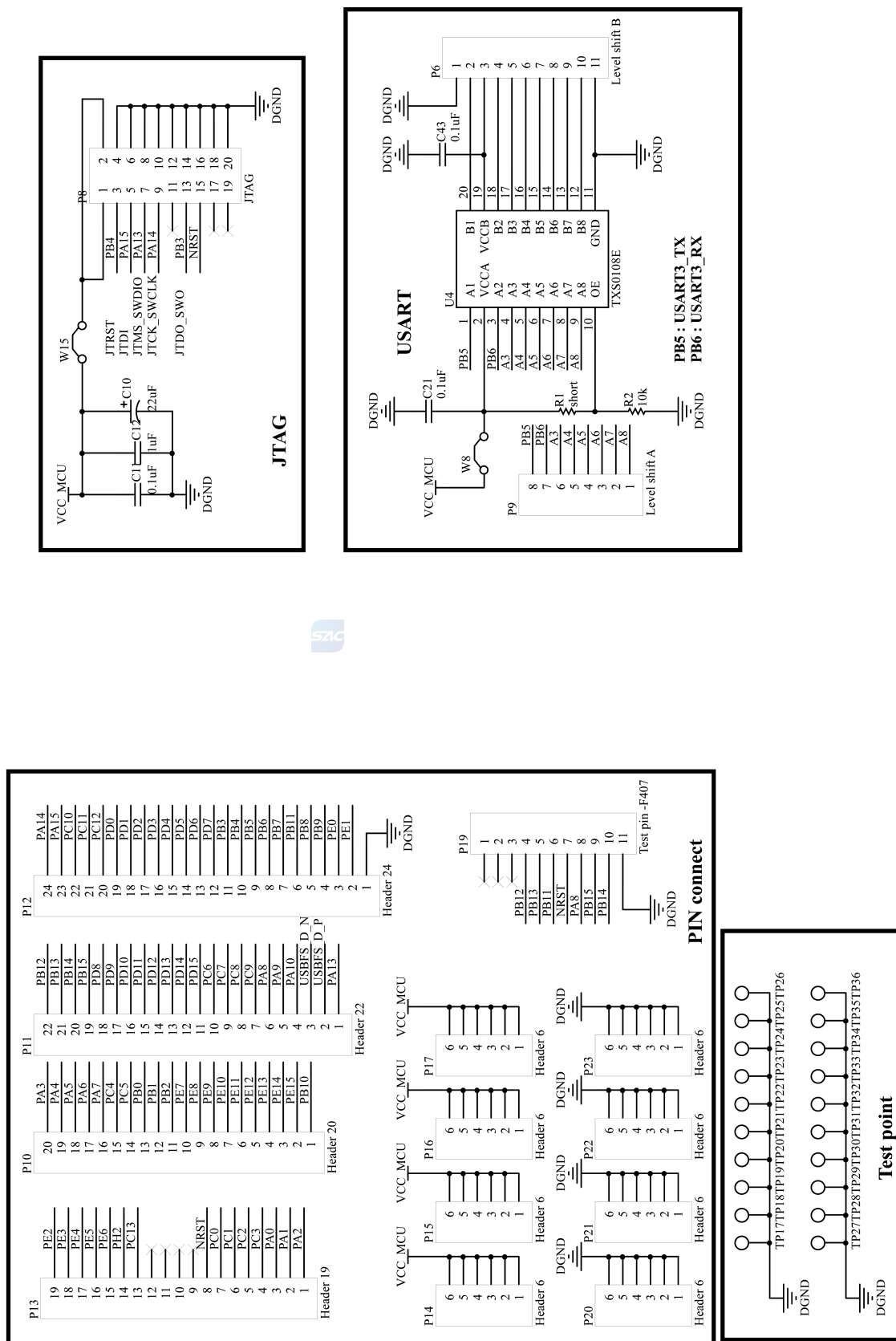


图 A.4 ICU 调试电路图 2

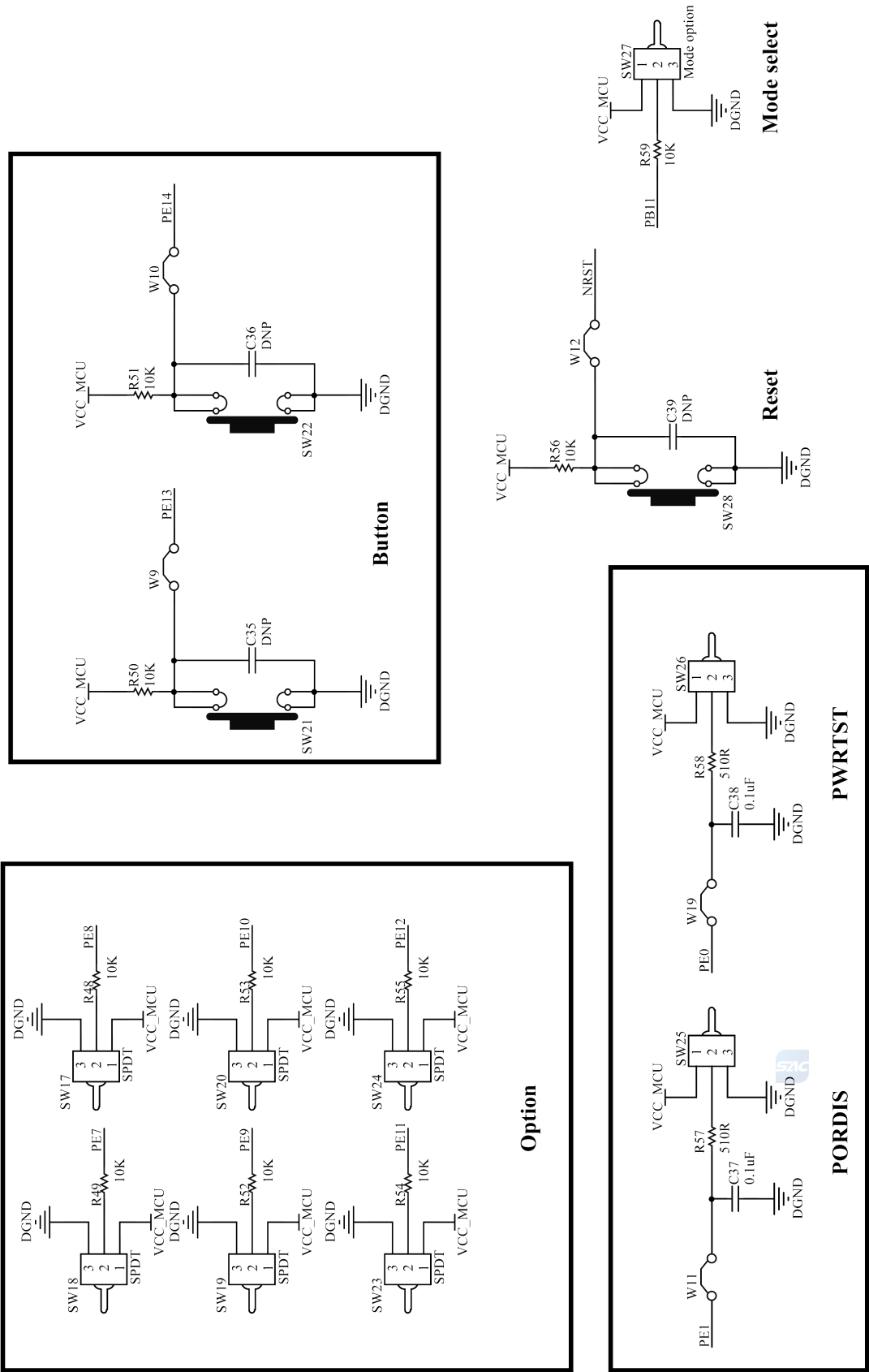


图 A.5 ICU 复位电路图

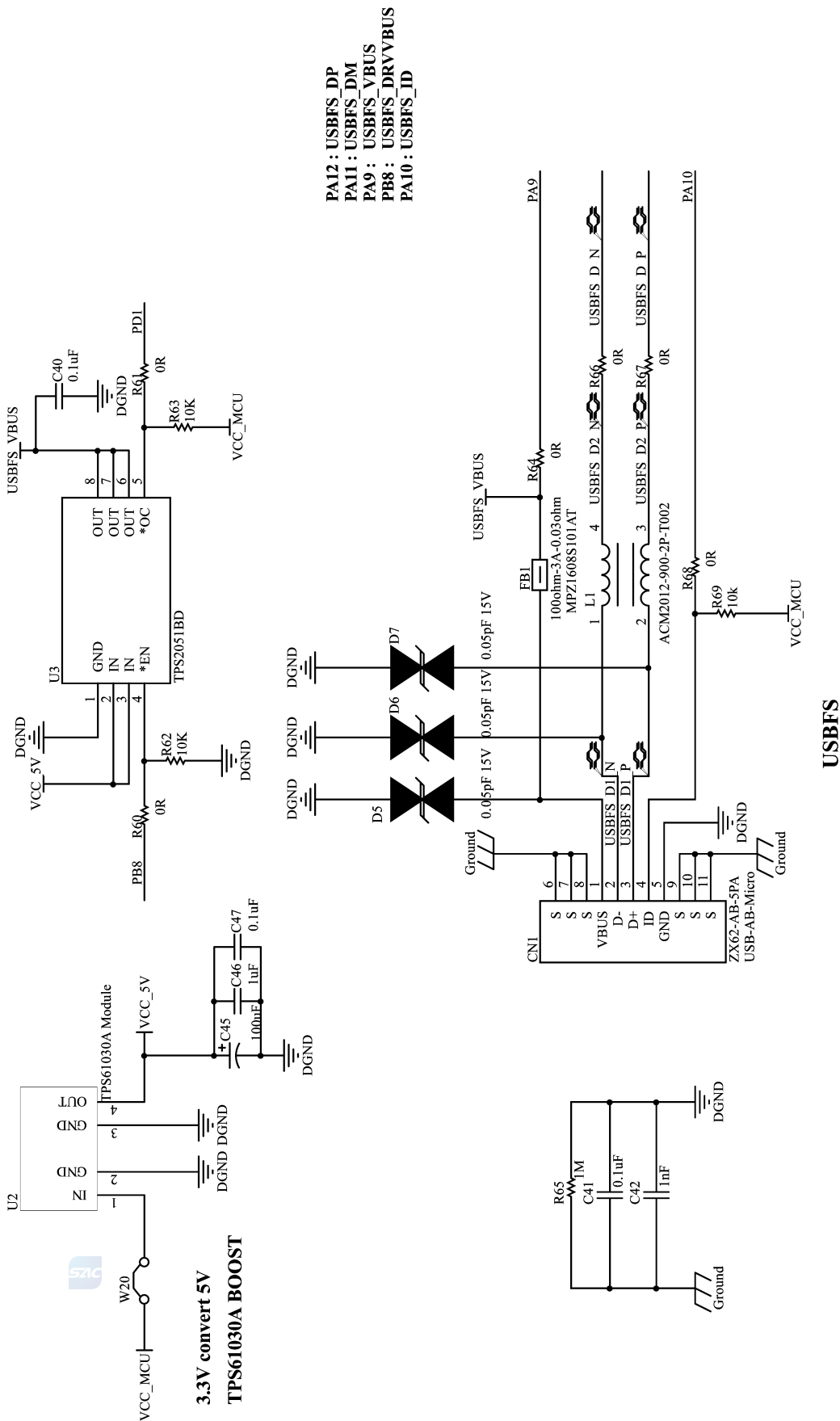


图 A.6 ICU USB 测试电路图

附 录 B

(资料性附录)

ICU 在家用和类似用途电器中的典型应用

家用和类似用途电器中的 ICU,常用于整机产品的功能控制、变频驱动控制以及人机交互控制。根据产品的功能需求,一台整机产品中可能会用到一个或者多个 ICU。

ICU 硬件架构中包含 I/O、AD 转换器以及计数器等基本模块。其中,I/O 输入引脚常用于传感器信号和各种反馈信号的接收;I/O 输出引脚常用于连接各种驱动电路,为负载提供逻辑控制信号;AD 转换器常用来采集需要监测的信号,如电压、电流、温度等;计数器常用作对频率信号(例如,洗衣机中的水位传感器)的计数。

ICU 软件程序除了需要实现产品的主要功能,还需要考虑产品在非正常状态下的安全防护。满足功能安全评估的产品的软件部分通常会包含周期性自检程序,因此在选择 ICU 时,需要考虑程序的存储空间以确保程序的稳定运行。

表 B.1、表 B.2、表 B.3 对于三种家用和类似用途电器中 ICU 的典型应用进行了举例说明。

表 B.1 空调产品中 ICU 的典型应用

| ICU 在空调整机产品中的位置 | 输入引脚用途 | 输出引脚用途 |
|--|--|---|
| 空调室内机主控板 | 湿度传感器信号 温度传感器信号 遥控接收信号 通信 RXD | 风机驱动 步进电机驱动 电加热元件继电器驱动 蜂鸣器驱动 LED 显示驱动 通信 TXD |
| 空调室外机主控板 | 温度传感器信号 通信 RXD | 四通阀继电器驱动 电源继电器驱动 电子膨胀阀驱动 通信 TXD |
| 空调室外机驱动板 | 电流信号 电压信号 电动机-压缩机信号反馈 通信 RXD | 风机驱动 LED 灯显示驱动 压缩机驱动 通信 TXD |
| 注:实际产品中,空调室外机主控板与驱动板可能根据需求设计在同一块电路板上,且可能与表中列出的应用项不同。 | | |

表 B.2 洗衣机产品中 ICU 的典型应用

| ICU 在洗衣机整机产品中的位置 | 输入引脚用途 | 输出引脚用途 |
|------------------|--|---|
| 显示板 | 按键、屏幕输入信号 旋转开关输入信号 通信 RXD | LED、液晶屏驱动 蜂鸣器驱动 通信 TXD |
| 主控板 | 开关门状态信号 电动门锁状态信号 水流传感器信号 温度传感器信号 水位传感器信号 通信 RXD | 电磁阀继电器驱动 水泵继电器驱动 通信 TXD 筒灯驱动 电动门锁驱动 电加热元件继电器驱动 |

表 B.2（续）

| ICU 在洗衣机整机产品中的位置 | 输入引脚用途 | 输出引脚用途 |
|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 驱动板 | 电流信号 电压信号 电动机信号反馈 通信 RXD | 电动机驱动 LED 灯显示驱动 通信 TXD |
| 注：实际产品中，洗衣机显示板与主控板，或者主控板与驱动板可能根据需求设计在同一块电路板上，且可能与表中列出的应用项不同。 | | |



表 B.3 冰箱产品中 ICU 的典型应用

| ICU 在冰箱整机产品中的位置 | 输入引脚用途 | 输出引脚用途 |
|---|---------------------------------------|--|
| 显示板 | 按键、屏幕输入信号 通信 RXD | LED、液晶屏驱动 蜂鸣器驱动 通信 TXD |
| 主控板 | 温度传感器信号 湿度传感器信号 通信 RXD | 电加热元件继电器驱动 风机驱动 灯驱动 电子膨胀阀驱动 通信 TXD |
| 驱动板 | 电流信号 电压信号 电动机-压缩机信号反馈 通信 RXD | LED 灯显示驱动 压缩机驱动 通信 TXD |
| 注：实际产品中，冰箱显示板与主控板，或者主控板与驱动板可能根据需求设计在同一块电路板上，且可能与表中列出的应用项不同。 | | |

对于耐久性试验，依据整机产品的要求，将 ICU 应用到整机产品中，进行所要求周期条件的测试。
对于洗衣机产品上使用的 ICU，可见 GB/T 4288—2018 中 5.17 的要求进行，无故障运行次数或时间见表 B.4。

表 B.4 洗衣机无故障运行次数或时间的规定值

| 型式 | 无故障运行次数(时间) |
|-------------|--|
| 半自动及全自动洗衣机 | 以一个完整的“常用(标准)洗涤程序”为一次，波轮/搅拌式洗衣机 2 000 次，滚筒式洗衣机 2 300 h |
| 离心式脱水机及脱水装置 | 按断续周期工作，共 6 000 次 |

对于空调器类产品上使用的 ICU，在常温环境下，按整机产品的额定电压、额定频率进行制冷或制热运行。制冷模式设定温度为产品可设定的最低温度；制热模式设定温度为产品可设定的最高温度；设定风速为产品可设定的最高风速。连续运行 1 000 h。
对于其他产品中使用的 ICU，可以参照洗衣机产品或者热泵、空调类产品的方法，根据产品预计的使用寿命，经供需双方协商，确定测试条件与周期。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4288—2018 家用和类似用途电动洗衣机
-

