

面向复杂电子信息工程中的可编程电子测量技术及其应用

蒋千军¹ 李 强² 吴伟伟³

1. 四川九洲电器集团有限责任公司 四川 绵阳 621000

2. 中国人民解放军93147部队 四川 绵阳 621000

3. 四川九洲电器集团有限责任公司 四川 绵阳 621000

摘 要: 本文围绕可编程电子测量技术在面向复杂电子信息工程中的应用展开系统研究。首先,阐述了可编程电子测量技术的基本概念,将其核心技术划分为基础电学参数测量、动态信号测量、电路网络性能测量三大类别,并分别论述了各技术分支的测量原理与适用场景。其次,分析了该技术在电子元器件性能检测、电路设计与调试、集成电子系统性能校准三大工程场景中的具体应用。最后,从测量仪器选型适配、标准化操作规范、测量误差控制与修正三个维度提出技术实施要求。研究表明,系统化的可编程电子测量技术应用能够有效提升电子信息工程的设计精度与运行可靠性,是推动该领域技术进步的重要支撑。

关键词: 电子信息工程; 可编程电子测量技术; 电路检测; 信号测量; 系统调试

引言: 电子信息工程是现代信息技术产业的核心支柱,涵盖电路设计、信号处理、系统集成等多个技术领域,其工程实施质量高度依赖于精确的物理量检测与数据分析能力。可编程电子测量技术以电子科学理论与电磁学原理为基础,利用专用仪器对电磁参量、电路参数、信号特性等物理量进行量化检测,是贯穿电子信息工程设计、调试、验证全流程的关键技术。当前,电子设备向高频化、微型化、集成化方向快速发展,对测量技术的精度、带宽与智能化水平提出了更高要求。本文围绕可编程电子测量技术的核心原理、技术分类、工程应用及实施规范展开系统分析,旨在明确该技术在电子信息工程中的核心地位与应用路径,为工程实践提供系统化的技术参考。

1 可编程电子测量技术概述

可编程电子测量是以电子科学理论与电磁学原理为核心依据,通过软件定义测量流程、参数配置与数据处理逻辑,利用专用电子测量仪器、传感器及标准化测量方法,对电路参数、信号特性、系统性能等电子信息相关物理量进行自动化和高效的检测、计量与分析的技术总称,是电子信息工程领域不可或缺的基础性支撑技术。在电子信息工程的实际操作体系中,可编程电子测量的核心作用在于对各类电子设备与电路的运行状态进行量化表征,精准获取设计参数与实际运行参数之间的偏差值,为电路调试、参数优化、故障排查、性能校准及产品质量检测提供可靠的数据支撑与判定依据。可编程电子测量的测量对象覆盖电子信息工程全领域,依据被测物理量的性质与特征,主要划分为基础电学参数、

动态信号参数、电路网络参数三大类别。(1)基础电学参数涵盖电压、电流、电阻、电容、电感等反映元器件基本特性的静态参量;动态信号参数涵盖信号频率、周期、幅值、相位、失真度、信噪比、调制度等描述信号时频域特征的动态指标。(2)相较于传统机械式测量技术,可编程电子测量无需直接接触复杂机械结构,依托电信号的传输、转换与采集原理,可实现微伏级微小信号、吉赫兹级高频信号及快速动态变化信号的高精度测量,充分适配现代电子设备向微型化、高频化、集成化、高精度方向发展的技术特征^[1]。

2 可编程电子测量核心技术分类及原理

2.1 基础电学参数测量技术

基础电学参数测量技术是可编程电子测量体系中最基础的技术分支,主要针对直流与低频工作状态下的电路基础参数开展量化检测,核心测量参数涵盖电阻、电容、电感、直流电压及直流电流等。

该技术的核心原理依托欧姆定律、电容电感充放电特性、电路串并联分压分流规律及电桥平衡原理实现被测参数的精确测算。在直流电压与电流测量中,通过测量仪器的并联接入与串联接入方式,分别采集电路中的电势差与电荷流动速率,完成物理量的数值量化;电阻测量主要利用伏安法与惠斯通电桥平衡原理,通过构建零位平衡电路消除系统误差,精准获取元器件阻值;电容与电感测量则依托元器件在特定频率下的交流阻抗特性,通过施加标准激励信号,根据信号幅值与相位的反馈结果计算容值与感值。该类测量技术操作逻辑清晰、测量稳定性强、结果可重复性高,广泛应用于基础元器

件性能检测、直流电路参数校验及电源系统调试等基础工程场景^[2]。

2.2 动态信号测量技术

动态信号测量技术主要针对交流信号、高频信号、脉冲信号及各类时变电信号开展参数检测与特征分析，是模拟电路调试、数字信号处理、射频电路设计等领域的核心测量技术。其测量参数涵盖信号幅值、频率、周期、相位、波形特征、谐波失真度、信噪比、调制度等多维动态指标。在现代电子信息工程中，绝大多数电子系统以动态交流信号为运行载体，信号的完整性与准确性直接决定系统功能的实现效果，因此该技术是保障信号传输、处理、放大等功能正常运行的关键技术手段。

该技术的核心原理是通过高带宽传感器与高速数据采集模块捕捉连续变化的电信号，将模拟信号经模数转换转化为可识别的数字信号，经过抗混叠滤波、程控放大、波形整形等预处理后，系统解析信号的时域与频域特征。时域测量主要分析信号随时间变化的波形形态、周期时长、脉冲宽度、上升下降沿特性；频域测量主要解析信号的频率、谐波构成、频谱功率密度特性。通过动态信号测量，可精准判断信号是否存在非线性畸变、幅度衰减、相位偏移等问题，为信号调理电路的参数优化与系统性能提升提供核心数据支撑。

2.3 电路网络性能测量技术

电路网络性能测量技术面向完整电路模块与小型电子系统，聚焦电路整体运行性能的综合检测与量化评估，核心测量参数涵盖电压增益、电流增益、信号衰减量、输入输出阻抗、通频带带宽、稳态误差、线性度等系统级指标，广泛适用于放大电路、滤波电路、振荡电路、反馈控制电路等功能性电路的性能校验与参数核定。该技术区别于单一元器件参数测量，侧重对电路整体工作特性、信号传输能力与功能完整性的综合检测。

其技术原理为向待测电路网络输入标准激励信号，采集电路输出端的反馈响应信号，通过对比输入与输出信号在幅值、相位、频率等维度的参数差异，系统测算电路的传输函数与工作性能。例如通过比对放大电路输入输出信号的幅值变化，计算电路电压增益与电流增益；通过向滤波电路输入扫频信号，检测不同频率分量的衰减程度，确定通频带范围与阻带抑制特性；通过测量反馈电路的环路增益与相位裕度，评估系统稳定性。该技术可全面反馈电路设计方案的合理性与实际性能的符合度，是电子电路功能调试、参数优化与性能验证的核心技术手段^[3]。

3 可编程电子测量技术在电子信息工程中的核心应用

3.1 电子元器件性能检测

电子元器件是电子信息工程的基础单元，电阻、电容、电感、二极管、三极管、芯片等各类元器件的性能优劣，直接决定电子电路与系统的运行质量，可编程电子测量技术首要应用场景即为元器件性能检测与筛选。电子工程实操时，所有元器件投入电路搭建前，均需通过电子测量设备校验其标称参数与实际参数的一致性。针对无源元器件，可通过基础参数测量技术检测阻值、容值、感值的偏差，判断元器件是否符合设计标准，排查老化、损坏、参数漂移等问题；针对有源元器件，可通过动态信号测量技术检测三极管放大倍数、二极管导通压降、芯片引脚电平参数等核心指标，验证元器件的工作特性。通过精准的元器件测量，可从源头规避元器件参数不符导致的电路故障，保障后续电路设计与搭建的准确性^[4]。

3.2 电路设计与调试应用

电路设计与调试是电子信息工程的核心工作内容，可编程电子测量技术贯穿电路仿真验证、实物搭建、参数调试的全流程。在电路初步设计阶段，通过电子测量手段校验仿真电路的各项参数，验证电路设计方案的可行性；在实物电路搭建完成后，依托各类测量技术排查电路接线错误、参数匹配不当、信号异常等问题。对于直流电路，通过测量各节点电压、支路电流，校验电路供电稳定性与负载匹配性；对于模拟电路，通过测量信号波形、幅值、失真度，调试放大、滤波、振荡电路的工作参数，消除信号畸变与干扰；对于数字电路，通过测量高低电平、脉冲信号时序、时钟频率，保障数字信号传输与逻辑运算的准确性。依托电子测量获取的精准数据，可精准调整电路元器件参数，优化电路工作状态，使电路性能达到设计预期。

3.3 电子系统性能校准与检测

各类集成化电子系统是电子信息工程的最终产品形态，嵌入式系统、信号处理系统、射频传输系统、测控系统等集成化设备，均需要依托可编程电子测量技术完成整体性能的校准与检测。单一电路模块调试完成后，集成化系统的整体运行参数、信号传输特性、工作稳定性，均需通过系统化电子测量进行校验。在系统校准过程中，通过电路网络性能测量技术，检测系统整体带宽、信号传输增益、抗干扰能力、响应速度等核心性能指标，校准系统运行参数，消除模块集成带来的信号衰减、时序偏差、阻抗不匹配等问题。同时，通过长时间的动态参数测量，检测电子系统连续运行过程中的参数稳定性，排查系统隐性故障，保障集成电子系统能够持续、稳定、精准地完成预设功能。

4 可编程电子测量技术的应用要点与技术要求

4.1 测量仪器的选型与适配

电子测量的精准度直接取决于测量仪器的选型合理性,不同测量参数、不同测量场景需匹配对应的专用测量设备,这是电子测量工作的核心基础要求。基础直流参数测量可选用万用表、直流电桥等基础设备,满足常规元器件与直流电路的测量需求;动态信号与高频信号测量需选用示波器、信号分析仪、频率计等高精度设备,适配高频、动态信号的采集分析需求;电路网络性能检测需选用网络分析仪、阻抗测试仪等专用设备,实现电路整体性能的精准测算。同时,仪器选型需匹配测量精度需求与信号特性,针对微小信号测量需选用高灵敏度测量仪器,针对高频信号测量需选用宽频带测量设备,避免因仪器量程、精度、频带范围不匹配导致的测量误差,从硬件层面保障测量数据的可靠性。

4.2 标准化测量操作规范

规范的操作流程是降低电子测量误差、保障测量结果准确性与可靠性的关键,电子测量工作需严格遵循标准化的实操规范。测量前,需完成测量仪器的零点校准与量程校核,确认设备处于正常工作状态,消除仪器自身系统误差与外界环境因素对测量结果的干扰。在测量过程中,需严格遵循仪器接线规范,准确区分串联与并联测量方式,合理设置仪器量程范围、采样频率、触发模式及耦合方式等核心参数,避免因操作失误导致数据失真或测量设备损坏。针对动态信号测量,需确保测量环境无强电磁干扰源,固定测量点位与仪器参数设置,保证采集的信号波形与参数能够真实反映电路实际运行状态。针对高精度参数测量,需采用多次重复测量取均值、多点位交叉测量等方式,有效规避偶然误差与随机误差,全面提升测量数据的真实性、可重复性与工程参考价值^[5]。

4.3 测量误差的控制与修正

电子测量过程中不可避免存在系统误差、随机误差与操作误差,做好误差控制与数据修正,是提升电子测量专业性的核心要求。系统误差主要来源于仪器精度局

限、设备老化、电路固有损耗,可通过定期仪器校准、选用高精度设备、优化测量电路布局的方式进行规避;随机误差主要来源于环境电磁干扰、温度湿度波动,可通过多次测量取平均值、屏蔽测量环境的方式降低误差影响。同时,需结合电子测量理论知识,对测量数据进行科学修正,剔除异常数据,消除测量过程中的固定偏差。通过精准的误差管控,可最大限度提升测量数据的精准度,保证测量结果能够真实反馈电子元器件、电路、系统的实际性能,为工程调试与优化提供可靠的数据支撑。

结束语

本文系统论述了可编程电子测量技术在电子信息工程中的理论基础、核心技术分类、工程应用场景及技术实施要求。可编程电子测量技术作为面向复杂电子信息工程的基础性支撑技术,已覆盖基础电学参数测量、动态信号测量、电路网络性能测量三大核心技术领域,并在元器件性能检测、电路设计调试、系统性能校准等工程环节发挥不可替代的作用。研究表明,规范的仪器选型、标准化的操作流程及科学的误差控制,是保障电子测量数据精准性与可靠性的关键要素。随着电子信息系统向高频化、集成化、微型化方向持续演进,可编程电子测量技术需不断融合大数据分析、智能算法等先进手段,推动测量模式向自动化、智能化方向升级,为电子信息工程的高质量发展提供持续的技术支撑。

参考文献

- [1]张建岳,王增刚.智能化通信中的电子信息工程技术应用[J].信息与电脑,2025,37(12):96-98.
- [2]程江波.电子信息工程技术在智能通信中的应用[J].信息与电脑,2025,37(3):117-119.
- [3]钱雨轩.计算机网络技术在电子信息工程中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(4):35-37.
- [4]王湃.智能技术在电子信息工程自动化设计中的应用[J].软件,2025,46(5):54-56.
- [5]王鹏博.数字信号处理技术在电子信息工程中的应用分析[J].数字通信世界,2025(12):127-129.