

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 23320061152598

UDC _____

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

通用嵌入式微处理器仿真平台的研究与实现

Research and Realization of Simulation Platform
Of Micro-Chips in Embedded Systems

陈波

指导教师姓名: 林聪仁 副教授

专业名称: 通信与信息系统

论文提交时间: 2009 年 5 月

论文答辩日期: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席_____

评 阅 人_____

2009 年 5 月

通用嵌入式微处理器仿真平台的研究与实现

陈波

指导教师: 林聪仁副教授

厦门大学

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()
课题(组)的研究成果,获得()课题(组)
经费或实验室的资助,在()实验室完成。

(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,
未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

200 年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

200 年 月 日

摘要

嵌入式软件仿真是软件测试的重要手段之一，它利用系统仿真技术对嵌入式微处理器进行模拟，构建虚拟的软件、硬件平台来对嵌入式软件进行测试，并利用它对芯片设计进行辅助和引导。这样的平台可以集成到各种处理器芯片的开发、测试工具中，对于保证嵌入式软件的稳定运行、嵌入式微处理器的高效运作，都将起到十分重要的作用。对于该领域的探索和研究，在理论和应用上都有较高的价值。本文就是遵循这一思路进行的一次大胆而有益的尝试。

现有的嵌入式仿真软件大多只能仿真某个特定型号的处理器，针对性较强。本文提出了设计一个通用嵌入式微处理器仿真平台的想法，即利用同一个仿真平台模拟多种仿真对象，并初步针对两款不同架构的处理器实现了仿真功能。

本文侧重于对嵌入式微处理器内部各种硬件接口资源进行仿真。在 Visual C++ 平台下，利用 MFC 编程方式，对两款处理器的 CPU 内核、存储器、I/O 口、中断系统、定时器/计数器、模/数转换模块、数/模转换模块和串行接口等常见的硬件资源进行了软件模拟。在设计过程中还参考借鉴了设计模式理论和面向对象软件编程思想，以此来实现平台的扩展性、通用性。对通用仿真平台的功能测试表明，各仿真模块较为完整地模拟了真实硬件的运行机制，各模块之间可以协调地工作。该平台的设计及实现方法，可以应用到其他类型处理器的仿真当中，为将来建立一种全面通用的嵌入式软件自动测试系统打下了基础。

关键词： 软件测试；通用仿真；硬件仿真；

Abstract

Software simulation of embedded systems is an important method to support software testing. By using System Simulation methodology to simulate both the software and hardware of embedded micro-chips, the simulation platform can be used to test the embedded programmes and to assist the design of chips. Integrated into design tools or testing tools of micro-chips, simulation platform plays essential roles to ensure the stable and efficient performances of embedded programmes and embedded micro-chips themselves. The research on this field can be of great value both theoretically and practically. This thesis is a spirited and useful attempt based on the object above.

Current embedded system simulation softwares mostly are capable of imitating a particular kind of micro-chip. An universal simulation platform which can imitate various micro-chips is introduced and implemented in this thesis. The simulation platform in the thesis is able to imitate two different types of micro-chips.

The thesis mainly focuses on the simulations of various interior hardwares in embedded micro-chips. By using MFC mode of programming in Visual C++, the universal simulation platform imitates the hardware parts of two micro-chips as follows: CPU core, memory, input/output ports, interruption system, A/D converter, D/A converter and serial access ports. Those hardware parts are common in embedded micro-chips. In order to achieve the expansibility, compatibility and universalism of the simulation platform, in the process of implementation, Design Patterns Methodology was referenced, and so was Object-oriented Program Methodology. The implementation test of the simulation platform shows that every part of the simulation platform can integrally imitate the mechanisms of real micro-chips, while working effectively together. The

design and implementation of the this simulation platform can be widely used to imitate other embedded micro-chips, therefore, the thesis is expected to facilitate the future foundation of a comprehensive and universal software auto-testing system.

Key Words: Software-testing; Universal Simulation; Hardware Simulation

厦门大学博硕士学位论文摘要

目录

第一章 绪论	1
1.1 课题研究的背景	1
1.1.1 软件可靠性.....	1
1.1.2 嵌入式软件开发与测试.....	2
1.1.3 嵌入式系统仿真.....	3
1.2 课题研究目的和意义	4
1.3 论文的主要工作	5
1.4 论文的结构	5
第二章 仿真技术概况及嵌入式系统仿真策略	7
2.1 仿真技术	7
2.1.1 仿真技术基本原理.....	7
2.1.2 仿真技术发展历程和发展动向.....	11
2.2 嵌入式系统概况	14
2.2.1 嵌入式系统简介.....	14
2.2.2 嵌入式应用软件.....	15
2.3 嵌入式系统仿真	16
2.3.1 传统的嵌入式系统设计、测试方式.....	16
2.3.2 嵌入式系统仿真的目的和意义.....	17
第三章 设计模式理论	18
3.1 软件设计模式	18
3.2 Builder 设计模式介绍	19
第四章 通用嵌入式微处理器仿真平台的实现	22
4.1 两款嵌入式微处理器介绍	22
4.1.1 SPCE061A 嵌入式微处理器简介	22
4.1.2 MCS-51 嵌入式微处理器简介	26
4.2 仿真平台总体设计	30
4.2.1 软件部分仿真.....	32
4.2.2 硬件部分仿真.....	33
4.3 CPU 内核仿真	34
4.4 存储器仿真	40
4.5 I/O 口仿真	44
4.6 中断系统的仿真	46
4.7 定时器/计数器仿真	48
4.8 模/数、数/模转换结构仿真	49
4.9 串行口仿真	52

第五章 通用嵌入式微处理器仿真平台的测试	54
5.1 测试环境	54
5.2 通用嵌入式微处理器仿真平台的测试	54
5.2.1 测试内容.....	54
5.2.2 测试方案.....	55
第六章 总结和展望	60
6.1 总结.....	60
6.2 展望.....	60
[参考文献].....	62
致谢.....	64
读研期间发表论文	65

厦门大学博硕士学位论文摘要

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background of Research Subject.....	1
1.1.1 Software Reliability	1
1.1.2 Software Development and Test In Embedded Systems	2
1.1.3 Simulation of Embedded Systems	3
1.2 Purpose of Research Subject.....	4
1.3 Major Work of the Thesis.....	5
1.4 Arrangement of the Thesis	5
Chapter 2 Summaries of Simulation Methodology and Strategy of Embedded System Simulation	7
2.1 Simulation Methodology	7
2.1.1 Simulation Theory.....	7
2.1.2 Current Situation and Prospects of Simulation Theory	11
2.2 Overviews of Embedded Systems	14
2.2.1 Embedded Systems	14
2.2.2 Softwares in Embedded Systems	15
2.3 Simulation of Embedded Systems	16
2.3.1 Traditional Methods of Embedded System Design and Test	16
2.3.2 Purpose of Embedded System Simulation	17
Chapter 3 Design Patterns	18
3.1 Design Patterns in Software Design	18
3.2 Builder Modal.....	19
Chapter 4 Realization of Micro-chips Simulation Platform.....	22
4.1 Outlines of Two Micro-chips	22
4.1.1 SPCE061A Micro-chips.....	22
4.1.2 MCS-51 Micro-chips	26
4.2 General Design of Simulation Platform.....	30
4.2.1 Instructions Simulation	32
4.2.2 Interface Resources Simulation	33
4.3 Simulation of CPU Core	34
4.4 Simulation of Memory	40
4.5 Simulation of I/O Ports.....	44
4.6 Simulation of Interruptions	46
4.7 Simulation of Timers/Counters.....	48
4.8 Simulation of ADC&DAC	49
4.9 Simulation of Serial Ports	52

Chapter 5 Testing of Simulation Platform.....	54
5.1 Test Configuration	54
5.2 Testing of the Simulation Platform.....	54
5.2.1 Test Items	54
5.2.2 Test Methods	55
Chapter 6 Summary and Improvements	60
6.1 Summary.....	60
6.2 Improvements.....	60
References	62
Acknowledgement	64
Postscript	65

厦门大学博硕士学位论文摘要

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

1.1 课题研究的背景

1.1.1 软件可靠性

由于计算机技术和软件技术的飞速发展，软件规模日益增大、日益复杂。20世纪60年代中期，国外就进入所谓的“软件危机时期”。IBM公司开发OS/360^[1]系统投入5000人/年，耗资数亿美元，结果还是延期交付，在交付使用后的系统中仍发现大量（2000个以上）的错误。1988年^[2]，超大规模集成电路出现，但是，由软件引发的、震惊科技界的故障持续不断，在某些类型的设备中软件故障甚至远远超过了硬件，成为系统的主要故障源。美国Therac 25型放射治疗仪2#治疗模式(x射线模式)发生的54#故障，多次产生超计量辐射，造成了两人死亡和多人受伤的重大医疗事故。Therac 25是Therac 6的改进型，使用软件安全互锁装置。旧式的Therac 6使用机械安全互锁装置，却从来没有发生过类似故障。90年代后半期，“千年虫”^[3]问题震惊世界，各国投入了大量的人力和物力，耗资数千亿美元，才基本得到控制。“千年虫”实际上就是一种特殊的软件故障。

可见，软件可靠性已成为软件技术发展的突出问题，这就要求人们在软件工程领域以及整个计算机工程领域中进一步考虑和重视软件可靠性问题。

国外从60年代后期进入软件危机时期就开始加强软件可靠性的研究工作，经过20年左右的研究，推出了各种可靠性模型和预测方法，于1990年前后形成较为系统的软件可靠性工程体系。同时，从80年代中期开始^[4]，西方各主要工业强国均确立了专门的研究计划和课题，如英国的AIVEY（软件可靠性和度量标准）计划、欧洲的ESPRIT（欧洲信息技术研究与发展战略）计划^[5]、SPMMS（软件生产和维护管理保障）课题^[6]、Eureka（尤里卡）计划等。目前国际上，软件可靠性发展比较有影响的学术会议有：软件可靠性工程国际会议（ISSRE）、软件维护国际会议（ISSM）和软件保证、确认国际会议（ISACC）等。

国内软件可靠性研究始于80年代初，黄锡滋等在软件可靠性建模、软件可靠性分配及软件可靠性管理等方面作了有益的探索^[7]；姚一平等在软件可靠性建

模、软件可靠性评估工具和混合硬件-软件系统可靠性等方面作了努力^[9]；刘纯生在软件容错方面作了重要工作^[10]；蔡开元在软件可靠性建模(提出模糊软件可靠性模型)、软件可靠性模型应用选择、软件可靠性测试、软件可靠性度量体系作了有益的探讨^[11]。由于起步较晚，国内在软件可靠性量化理论、度量标准(指标体系)、建模技术、设计方法、测试技术等方面与国外差距较大。目前，国内也越来越重视软件的可靠性问题，国家为了推动这方面的研究，提供了很多项目资助，如 2007 年国家自然科学基金委员会启动“可信软件基础研究”重大研究计划等^[12]。

1.1.2 嵌入式软件开发与测试

嵌入式系统的开发过程是一个软硬件互相协调，互相反馈和互相验证的过程。在开发过程中常常要伴随着系统测试，测试从另外一个角度影响开发方向和开发策略。

随着嵌入式硬件的飞速发展，嵌入式系统软件的规模日益增大，其结构也越来越复杂。另外嵌入式系统往往应用在通讯、工控、航天、军事等对产品质量以及可靠性要求非常严格的领域。当其应用于一些关键性任务的控制管理时，由它产生的错误往往会导致无可挽回的、致命的损失。因此，这就使得软件系统的测试对保证嵌入式系统的可靠性显得尤为重要^[13]。

嵌入式软件对硬件的依赖性要求，与传统的面向对象的和面向过程的软件相比有其自身的特点，进行嵌入式软件测试时必须最大限度地模拟被测软件的实际运行环境，以保证测试的可靠性。底层程序和应用程序界限的不清晰增加了测试时的难度。另一方面，由于嵌入式系统的自身特点，如专用性，实时性，内存不丰富，I/O 通道少，开发工具昂贵并且与硬件紧密相关、嵌入式微处理器种类繁多等。嵌入式软件的开发和测试也就与一般商用软件的开发和测试策略有了很大的不同，可以说嵌入式软件是最难测试的一种软件。

由于嵌入式软件设计是以一定的目标硬件平台为基础的、面向固定的任务进行的，因此，一旦被加载到目标系统上，功能必须完全确定。这个特点决定了嵌入式应用软件的继承性较差，延长了系统的测试时间，增加了测试费用^[14]。

嵌入式系统中，应用软件自身算法的复杂度和操作系统任务调度，决定了系

统资源的分配和消耗，因此，对系统实时性进行测试时，要借助一定的测试工具对应用程序算法复杂度和操作系统任务调度进行分析测试^[15]。

综上，可见嵌入式软件质量关系到嵌入式系统的稳定性和可靠性，是嵌入式系统设计中需要极为重视的一个方面。嵌入式应用软件和其他软件相比又有其自身的特点，开发与测试过程也必需采用不同的方法和策略。只有在充分了解嵌入式系统应用场景、嵌入式系统硬件架构、嵌入式软件功能实现的基础上，针对其特点对嵌入式软件进行测试，才能真正做到全面、有效。

1.1.3 嵌入式系统仿真

现如今，大多数的嵌入式系统应用设计都是使用 IDE（Integrated Development Environment）与目标开发板相结合的方式进行的（如下图所示）。这种开发方式费用比较昂贵，开发进度也较为缓慢，设计者或设计团队必须具备软件开发和硬件设计的能力。一般来说，同时兼顾两方面的知识和能力比较困难，其对经济承受能力的要求也较高。

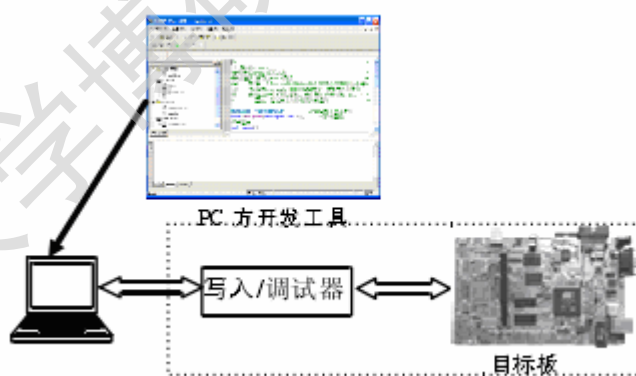


图 1-1 传统的嵌入式开发方式

随后出现了仿真软件，将图 1-1 中的虚线框部分移入到 PC 方开发工具中，就形成了嵌入式系统开发软件仿真器。

嵌入式系统仿真将嵌入式微处理器甚至外部电路、其他辅助芯片的工作机制进行抽象和提取，在计算机中构造出虚拟的处理器，可以使开发者自由地在其所希望的计算机上运行嵌入式系统应用程序，而无需关心底层硬件开发进度^[16]。这

包括了对嵌入式微处理器所使用的指令集的仿真、对嵌入式微处理器硬件接口资源的仿真、对外围电路、芯片、电子元件的功能仿真。虚拟的仿真系统对于验证嵌入式软件的正确性有极其重要的作用。软件设计者可以在虚拟仿真平台上测试应用软件和芯片的配合，验证应用程序的可靠性，使得软件在交付使用前就进行一轮验证，而不必等到与真实系统结合后再进行验证。这在有些情况下可以避免很大的风险，使得嵌入式系统仿真在嵌入式芯片的开发和应用领域有广泛的应用。

通过调研，发现目前国内外已经出现了多种嵌入式芯片的软件仿真器，很多嵌入式微处理器的 IDE 开发环境往往也嵌入了针对该处理器的软件仿真模块。这些仿真软件具有模拟电路仿真、数字电路仿真、单片机及其外围电路组成的系统的仿真、RS-232 动态仿真、IC 调试器、SPI 调试器、键盘和 LCD 系统仿真的功能；还有各种虚拟仪器，如示波器、逻辑分析仪、信号发生器等。其中，比较知名的产品有德国 Keil 公司的 μ Vision2、英国 Labcentre Elcetric 公司的 Proteus。前者可以针对 8051 系列嵌入式微处理器进行软件在线仿真，后者是一款电路分析实物仿真系统，可仿真各种电路和 IC，并支持单片机，提供了更为完善的 EDA 仿真功能。二者都是专业领域内不可多得的嵌入式微处理器软件仿真系统。

1.2 课题研究目的和意义

由上节研究背景分析可以得出：嵌入式软件的安全性日益成为评价嵌入式系统稳定、可信的一个重要的判断标准，它对于嵌入式系统开发有着极其重要的意义。传统的嵌入式系统开发方式，采用的是软件、硬件交叉开发，需要二者同时跟进，实现快速、同步开发比较困难。嵌入式应用软件功能的验证需要等到硬件系统和软件操作系统都设计成型之后才能展开。另外，在一些不具备硬件体系的场合，如何对用户程序进行必要的测试也成为一个大难题。除了软件测试，在设计嵌入式微处理器本身时，如果能在系统成型之前构建出虚拟的硬、软件平台，将指令系统和一些必要的硬件接口资源进行整合，进行组合测试，从应用的角度反过来指导、改进芯片设计，将对芯片设计人员规划产品设计提供很大的帮助。

嵌入式系统仿真成为解决这些问题的一个很好的途径，在仿真技术已经成熟

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库