



普通高校“十三五”规划教材

嵌入式系统与云计算开发

——基于Android系统的实验案例基础教程

李磊 主编

高学 邓洪波 陶大鹏 崔寅鸣 梁仕文 梁志明 副主编



非外借



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十三五”规划教材

嵌入式系统与云计算开发

——基于 Android 系统的 实验案例基础教程

李 磊 主 编
高 学 邓洪波 陶大鹏
崔寅鸣 梁仕文 梁志明



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要讲解嵌入式系统与云计算开发的相关技术,内容包括:数字电子系统、嵌入式、移动互联网与云计算的发展过程及它们的相互关系;Android 发展历史与基础知识;Android 开发基础实验案例;从 Android 本地实验案例到“云+端”的拓展性和综合性实验内容。

本书不仅可以作为高等院校相关专业的教学参考用书,同时也可以为从事相关工作的工程师提供应用设计参考。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统与云计算开发:基于 Android 系统的实验案例基础教程 / 李磊主编. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2018. 9

ISBN 978-7-5124-2752-5

I. ①嵌… II. ①李… III. ①微型计算机—系统设计—教材②云计算—教材③移动终端—应用程序—程序设计—教材 IV. ①TP360.21②TP393.027③TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 144383 号

版权所有,侵权必究。

嵌入式系统与云计算开发 ——基于 Android 系统的实验案例基础教程

李 磊 主 编

高 学 邓洪波 陶大鹏 崔寅鸣 梁仕文 梁志明 副主编

责任编辑 胡晓柏 剧艳婳

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

艺堂印刷(天津)有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:10.25 字数:218 千字

2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2752-5 定价:32.00 元

前言

Android 系统是嵌入式系统家族的重要成员之一,在移动终端领域占据了非常重要的位置。目前,市面上关于 Android 开发的书籍已经非常丰富,但对于高等院校开展相关的实验教学仍缺少一本以基础实验案例到“云+端”实验案例的教学用书。本书以 Android 应用开发实验案例为载体,采用循序渐进的方式,逐步介绍 Android 开发的基本技术和核心思想,同时以“云+端”的实验案例内容作为 Android 技术学习的拓展和提高。

本书不仅可以作为高等院校相关专业的实验指导书,同时也可以为从事相关工作的工程师提供应用设计参考。相信通过本书的学习,读者会基本掌握 Android 应用的开发。

本书内容

第 1 章 介绍数字电子系统、嵌入式、移动互联网与云计算的发展过程及相互关系,此为本书相关背景知识的导论部分。

第 2 章 介绍 Android 系统的发展,对 Android 系统的结构做了一个简要的概述;并对面向对象编程、Java 和 XML 语言的基础知识做了介绍,为第 3 章和第 4 章实验案例的学习提供必要的基础知识。

第 3 章 循序渐进地从一个基础实验案例开始介绍 Android 开发的基础知识和核心思想,并拓展到其他复杂的实验案例。

第 4 章 从简单的 OpenCV 程序设计开始,结合 Android 系统,介绍从本地到基于云端 IaaS 平台、Docker 服务和基于 Spark 大数据平台的“云+端”实验案例设计,作为拓展性和综合性实验内容。

读者对象

在阅读本书前,读者至少已经掌握了以下基础:

- 基本的 C 语言基础;
- 对“云+端”有一定的了解和认识;
- 对数据库、网络编程、图像处理等有一定的了解和认识;



- 对 Hadoop 和 Spark 架构有一定的了解(作为拓展知识);
- 对 Python 语言有一定的了解(作为拓展知识)。

本书由李磊主编,高学、邓洪波、陶大鹏、崔寅鸣、梁仕文、梁志明为副主编。本书主要是作为华南理工大学相关实验教学的参考用书,主要分为两个部分:一是相关技术领域的发展和基础知识介绍,这部分作为课程前言导论和基础知识;二是 Android 应用开发内容,其中本书选取了课程内的主要实验案例,主要作为实验教学内容。本书实验案例内容的设计得到了华南理工大学“十三五”本科教材建设项目、2016 年广东省高等教育教学改革项目(嵌入式移动互联网课程资源在线共享模式与工程培养教学体系构建、实验教学过程管理模式改革探索、基于“互联网+”的实验云平台建设)、2016 年华南理工大学校级教学改革项目和探索性实验项目开展的支持。

本书能够出版得到了很多的支持,特别感谢李斌、吕念玲和秦慧平三位老师在课程改革过程中给予的帮助和支持,正是由于本书所依托的课程开展了项目式教学改革,不仅为课程积累了大量的教学素材,也为书稿的内容编排奠定了基础;感谢这几年参与课程改革和建设的同学们,你们的积极参与为本书的出版做出了巨大的贡献,这里一并表示感谢。

虽然本书在编写时尽量将参考的资料添加了文献引用说明,但由于 Android 技术的普及和发展,本书所设计的实验案例难免可能与其他资料案例类似,敬请谅解。另由于技术发展迅速,笔者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者朋友批评指正。

作者

2018 年 6 月

目 录

第 1 章 数字电子系统、嵌入式、移动互联网与云计算	1
1.1 从数字电子系统到移动终端的发展	1
1.2 嵌入式终端与移动互联网的发展	7
1.3 云计算与移动终端的发展	8
1.4 云+端的移动互联网服务架构	9
第 2 章 Android 发展历史与基础知识介绍	11
2.1 Android 系统的由来与架构	11
2.2 与 Android 系统开发形影不离的 Java 和 XML 语言	16
2.3 Android 系统开发的环境介绍	31
第 3 章 Android 开发基础实验案例	34
3.1 第一个 Android 应用设计实验——控件使用基础实验案例	34
3.2 为界面增加一个按键后如何响应按键单击事件——按键响应实验案例	46
3.3 多按键的程序设计实验案例——九宫格键盘程序实验案例	51
3.4 程序有多个页面——多页面切换实验案例	61
3.5 如何保存和管理自己的数据——基本的 SQLite 读写实验案例	71
3.6 网络接口案例——基于 TCP 的网络通讯实验案例	80
3.7 传感器使用方法——加速度(重力传感器)传感器数据读取实验案例	85
3.8 自定义的 View 类——基于表盘界面的水平仪实验案例	90
3.9 自定义控件实验(2)——画图板实验案例	98
第 4 章 从 Android 本地实验案例到“云+端”	107
4.1 绪 论	107
4.2 基于 Android 端 OpenCV 基础实验案例——图像边缘化处理实验案例	107



4.3 将 OpenCV 案例搬到云端实现——基于 Web 的 OpenCV 图像边缘处理实验案例	114
4.4 实现 OpenCV 的云+端处理——基于“云+端”的 OpenCV 图像边缘处理实验案例	120
4.5 基于 Spark Streaming 的“云+端”PaaS 平台实验案例	130
参考文献	155

第 1 章

数字电子系统、嵌入式、 移动互联网与云计算

1.1 从数字电子系统到移动终端的发展

从模拟电路系统发展到数字电路系统,设计者已经可以利用组合逻辑将输入抽象为多个“0”和“1”表示,代表逻辑上的“是”和“否”;并通过逻辑运算,包括“与”、“或”和“非”等基本操作及其组合获得数据的处理结果。在硬件电路实现上,传统的数字逻辑集成电路单元包括了 TTL 结构的 7400 系列和 CMOS 结构的 CD4000 系列,如图 1-1 所示。利用基本的集成电路单元,设计者可以通过卡诺图化简或者逻辑方程式约简过程,将其转换为电路表达,最终通过数字集成电路单元级联实现硬件数字电路系统。

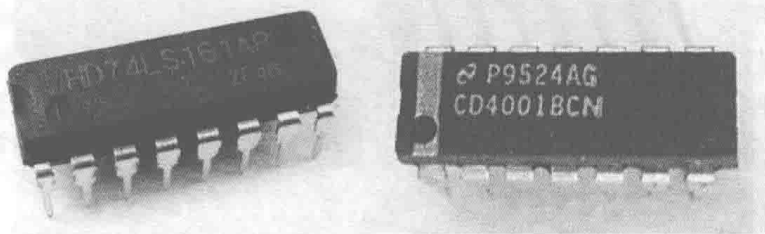


图 1-1 7400 系列和 CD4000 系列数字逻辑电路单元

在具体的实现过程中,由于数字电路集成单元不具备复杂的逻辑处理功能,需要多个电路单元级联实现。随着逻辑和功能的增加,数字逻辑集成电路单元的数量和连接的复杂性也随之增加,电路系统面积和功耗也在增加。典型的数字电路系统如图 1-2 所示。

在面对复杂的数字系统设计时,设计者开始采用其他的设计方法来降低设计难度,其中,硬件描述语言是一种面向复杂数字电路系统的设计方法。目前,硬件描述语言主要包括 Very-High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language (VHDL)和 Verilog Hardware Description Language (Verilog HDL)。通过硬件描述语言将传统的硬件电路设计转换为计算机语言设计,通过设计软件的编译、综合,

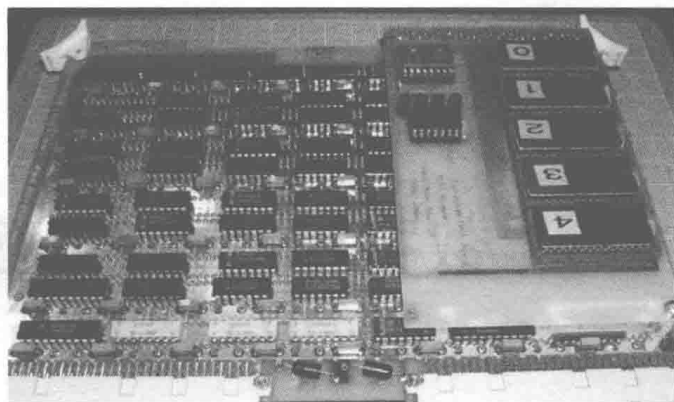


图 1-2 典型的数字电路系统

最后下载到专用的数字系统芯片(CPLD 或者 FPGA)中实现数字电路硬件系统的设计。例如,基于 FPGA 芯片的数字系统开发平台——Altera DE2 平台如图 1-3 所示。

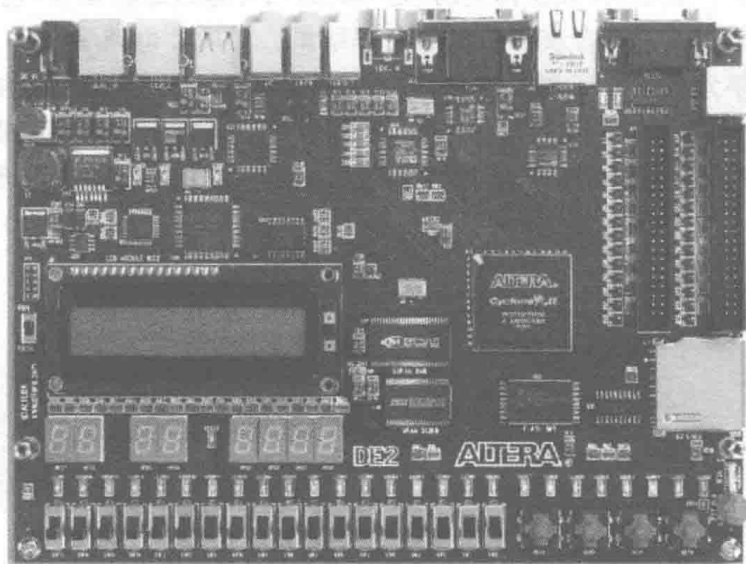


图 1-3 CPLD 和 FPGA 构成的数字系统电路

另外一种设计模式:基于处理器或者微控制器为核心的电路系统,设计人员通过计算机语言设计逻辑和算法,并通过下载工具将程序执行文件下载到核心器件内,使得电路系统可按照程序逻辑进行执行操作。这种系统具有传统计算机系统的部分特点,但在面对不同的任务需求时进行了一定的裁减和定制,在体积和成本方面做了针对性的优化,这类系统也被称为嵌入式系统。在 20 世纪 80 年代,单片机的出现带动了众多行业领域的发展,包括汽车、航空、家电和通信装置等行业,使得设计人员从“原始”而复杂的逻辑控制电路设计中解脱出来,能够使用软件程序来实现功能逻辑

的设计,降低了系统的设计难度。例如,对于走进千家万户的全自动洗衣机,将放水、洗衣和甩干等操作进行逻辑定义,并结合单片机设计软件程序和控制,从而实现了全自动洗衣过程的控制。最早的单片机包括了 Intel 公司的 8048、Motorola 公司的 68HC05 以及 Zilog 公司的 Z80 系列,这些器件的资源非常有限,仅包含 256 字节的 RAM、4 KB 的 ROM 和 4 个 8 位的并口等资源,但却是嵌入式系统发展的重要起点。图 1-4 展示了 8048 单片机的外形。

20 世纪 80 年代,Intel 公司在 8048 单片机的基础上进行了进一步的完善,推出了 8051 单片机,这个单片机架构也是现在很多设计人员仍在使用的 51 单片机,如图 1-5 所示。

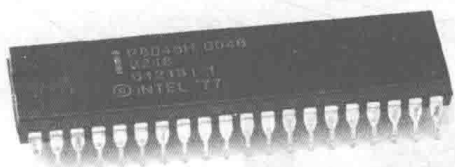


图 1-4 Intel 8048 单片机

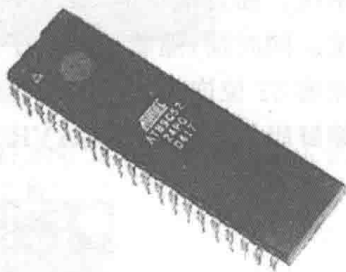


图 1-5 AT89S51 单片机

其中,ATMEL 公司生产的 AT89S51 是最常用的一种 8051 单片机,其中 S 指的是支持 ISP(在线更新程序)功能。其典型的开发流程是利用 Keil C 等开发软件为 8051 单片机编写程序并下载到单片机内。2000 年左右,为了进一步提高单片机的性能,一些集成电路厂商也推出了 16 位单片机,例如,凌阳公司的 61 单片机内部集成了语音处理模块,可以处理多媒体任务;低功耗的 16 位 MSP430 单片机成为了便携式仪器系统设计的核心器件。其中,凌阳 61 单片机开发板如图 1-6 所示。

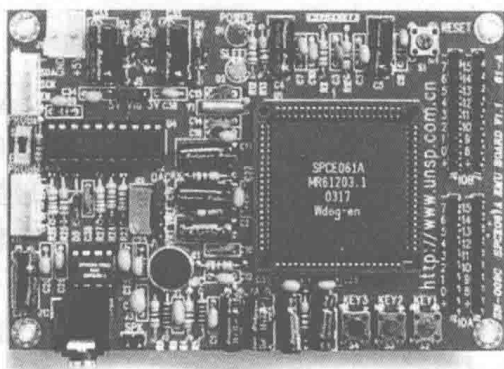


图 1-6 61 单片机开发板

随着技术和需求的不断发展,单任务处理程序难以满足复杂的多任务设计需求,



因此,人们开始尝试将一些计算机操作系统移植到单片机上,实现多任务的切换和调度。但由于单片机的资源限制,基于 PC 平台的操作系统,如 Linux 和 Windows 系统,无法移植到单片机上。因此,一些小型的操作系统内核出现在嵌入式系统中,如 $\mu\text{C}/\text{OS}$ 成为了当前单片机最常用的操作系统内核之一。同时,为了实现操作系统内核的运行,部分集成电路设计制造厂商也在原有单片机结构的基础上推出了一些资源增强的单片机产品,如 AT89S53 单片机;目前, $\mu\text{C}/\text{OS}$ 已经可以运行在部分资源增强的 51 核单片机内。

2004 年左右,ARM7 架构的单片机已经可以运行“定制”的 Linux 操作系统,如裁减掉 MMU(Memory Management Unit)的 $\mu\text{C}Linux$ 成为了 ARM7 系统的首选操作系统。随后推出的 ARM9 结构的处理器则可以直接运行完整版本的 Linux 操作系统。同时期,随着消费电子市场的发展,尤其是多媒体处理需求的不断增长,一些特殊的 32 位嵌入式单片机也随之出现,其通过集成多媒体编解码电路单元可以提供视频解码等功能,例如,AVR 的 32 位单片机的开发板如图 1-7 所示。

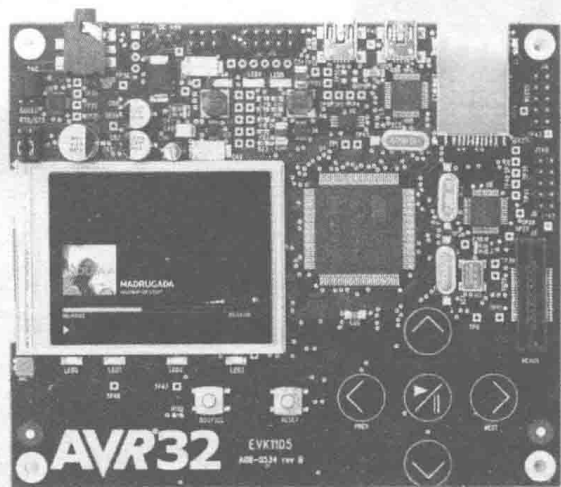


图 1-7 AVR 32 位单片机开发板

2007 年左右,手机生产企业开始推出基于 XScale(俗称 ARM10 架构)平台的智能手机产品,这些产品多数采用了 Windows CE 操作系统,如图 1-8 所示;另外一个著名的手机生产企业 Nokia 公司也同时推出了面向消费领域的嵌入式操作系统——塞班操作系统,如图 1-8 所示。消费者第一次真正开始普及并使用多任务切换的“智能”嵌入式终端设备。

苹果公司是目前全球著名的 IT 企业之一,创新产品直接推动了嵌入式系统在消费领域的发展,尤其是 2007 年左右推出的 iPhone 智能手机(如图 1-9 所示)革新了消费者对于手机的概念,第一次将手机从一个专用的通信设备变成了一个电子“消费品”。其中,最主要的创新是提出了全屏多点触摸的交互方式,将传统的键盘交互方式提升到更加直接、精确的交互方式;另外,围绕 iPhone 等智能移动终端设备构建



图 1-8 WinCE 系统和塞班系统

了一套高质量的软件生态系统,使得 iPhone 具备了软件的扩展性和多样性,人们第一次感觉到手机功能越来越强大。



图 1-9 第一代 iPhone 智能手机

Google 公司通过收购获得了 Android 系统的全部产权,也推出了自己的智能移动终端设备,如 Nexus 系列产品,如图 1-10 所示。Google 公司已经在互联网领域取得了巨大的成就,其搜索和邮箱等提供了高质量的在线服务,因此,Android 系统也将谷歌搜索和 Gmail 等服务直接整合到了 Android 系统内部。同时,谷歌公司将 Android 系统全部开源,很多智能手机厂商都选择 Android 系统作为其产品的嵌入式操作系统。在交互方式上,Android 系统同样采用了全屏多点触摸的方式进行人机交互,目前全屏多点触摸的交互方式成为了手机交互的标配方式;同时,越来越多高质量的手机软件也可以运行在 Android 系统上,例如,人脸美化、微博、QQ、地图导航和 Android 版本的 Office 软件等。

近些年,智能嵌入式终端设备已经不再局限于手机和平板等产品,像可穿戴式消



图 1-10 基于 Android 系统的 Nexus 智能手机和平板

费电子产品也走入了人们的视野。目前,这类可穿戴式消费电子产品主要以苹果公司和 Android 系统的产品为主,如苹果公司的 Apple Watch 和以 Android Wear 系统构建的 MOTO360 智能手表,如图 1-11 所示。

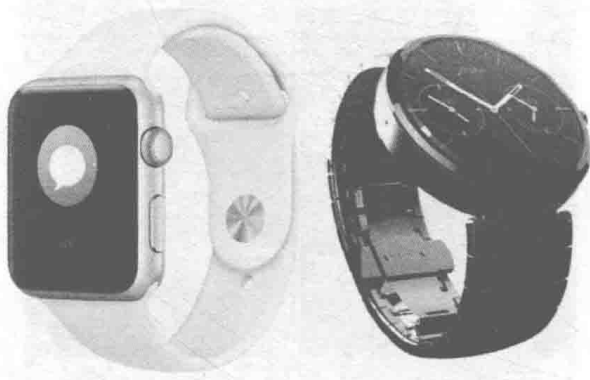


图 1-11 AppleWatch 和 MOTO360 智能手表

总的来说,嵌入式终端发展已经开始出现一些新的特点:

- (1) 功能的不断完善和性能的提升开始侵占原有的 PC 市场;
- (2) 以手机为代表的嵌入式终端设备开始成为人们每时每刻信息获取的出发点,大部分收发信息都是通过手机和平板完成的;
- (3) 数据的交互不再以 Byte 来计算,每天通过手机产生的数据可以高达几百兆字节,直接推动了数据挖掘和移动互联网的发展;
- (4) 软件生态的不断发展,以手机为代表的嵌入式终端设备需要一个性能更高的计算平台来支撑包括网络影视、在线游戏等服务的运行,这与云计算形成了优势互补;
- (5) 嵌入式终端的存储和计算与其功耗的矛盾日益严重;

- (6) 越来越多的个人信息存储到嵌入式终端上,数据安全成为了一个热门话题;
 (7) 移动终端的嵌入式系统成为了嵌入式发展的一个主要方向。

目前已经有人提出嵌入式终端,尤其是手机和平板等移动终端可以替代传统的PC业务,甚至有人提出PC会消亡的大胆假设。今天看来,嵌入式终端,尤其是智能移动终端早已成为人们每天不可或缺的一个“随身物品”,而且人们不仅仅需要一部能打电话和发短信的手机,更需要可以随时安装和享受各种上网服务的手机。

1.2 嵌入式终端与移动互联网的发展

2005年前后,2G网络开始为人类提供了有限的信息服务,因为受限于带宽,仅能够满足类似QQ、Wap网页访问等小数据的移动互联网访问,像电子商务、在线音乐和在线视频等服务需要更高的有线宽带支撑,这也限制了移动终端的发展。2008年,我国推行3G移动网络后才开始逐渐改善移动互联网的环境,同时Android系统和iOS系统的不断完善以及软件生态系统的不断发展,使得原来很多不可行的移动互联网应用和业务变为可行,例如,微博浏览、短视频在线观看的需求出现了爆发式的增长,人们开始能使用图片和视频进行社交和信息分享;同时,移动互联网网速和带宽的极大提升使得原来只能在WIFI环境下播放的视频也可以在移动互联网环境下播放,直接推动了网络影视等行业的发展。到了2013年左右的4G移动网络时代,更多的传统互联网企业开始将关注点从PC转移到了手机或者平板电脑方向,甚至有些企业为了巩固移动互联网的消费群体,推出了使用手机客户端软件的业务优惠等。一些常见的移动互联网手机软件图标如图1-12所示。



图 1-12 移动互联网手机应用软件图标

目前,以手机为代表的嵌入式终端早已成为一个多功能、多信息的智能信息处理终端,紧密地和使用者的用户粘在一起,提供各种个性化的服务。从中国互联网络信息中心(CNNIC)发布的《中国互联网络发展状况统计报告》也可以看出:移动互联网的发展与嵌入式终端的发展具有密切的关系。其中,《第23次中国互联网络发展状况统计报告》显示,2008年使用手机上网的网民较2007年翻了一番多,达到1.17亿;《第



24次中国互联网络发展状况统计报告》显示,截至2009年6月,使用手机上网的网民达到1.55亿,半年内增长了32.1%;《第37次中国互联网络发展状况统计报告》显示,截至2015年12月,我国手机网民规模达6.20亿,其中90.1%的网民通过手机上网,只使用手机上网的网民数量达到1.27亿,占整体网民规模的18.5%,其中,网络环境的逐步完善和手机上网的迅速普及使得移动互联网应用的需求不断被激发。2015年,基础应用、商务交易、网络金融、网络娱乐、公共服务等个人应用发展日益丰富,其中,手机网上支付增长尤为迅速。截至2015年12月,手机网上支付用户规模达到3.58亿,增长率为64.5%,网民使用手机网上支付的比例由2014年底的39.0%提升至57.7%。此外,网民数量的激增和旺盛的市场需求推动了互联网领域更广泛的应用发展热潮。2015年,约1.1亿网民通过互联网实现了在线教育,1.52亿网民使用网络医疗,9664万人使用网络预约出租车,网络预约专车人数已达2165万。从这些数据中可以看出,嵌入式终端的发展与移动互联网是密不可分的。

1.3 云计算与移动终端的发展

推动嵌入式终端和移动互联网的发展还有另外一个重要的因素,即云计算。什么是云计算?云计算与传统互联网设施有什么不同?云计算就是一堆服务器吗?这些问题是每个涉及互联网行业的读者都想弄清楚的。虽然网络上对于这些问题有多种定义和回答,例如,百度百科对云计算(Cloud Computing)的定义为:基于互联网的相关服务的增加、使用和交付模式,通常涉及通过互联网来提供动态易扩展且经常是虚拟化的资源;美国国家标准与技术研究院(NIST)对于云计算的定义为:一种按使用量付费的模式,这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问,进入可配置的计算资源共享池(资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务等),这些资源能够快速提供,只须投入很少的管理工作,或服务供应商进行很少的交互。对于云计算的定义在网络上有一定的差异,但一致的观点认为云计算不仅是有一定技术的创新,更重要的是一种商业模式的创新,其核心便是服务。

什么是服务呢?我们观看的有线电视是一种服务,按照付费的频道和时间能观看不同的节目;电和水对于我们也是一种服务,按照使用需求支付电费和水电费获取相应的电力和水量。当然要使互联网设施能够做到按需使用,在技术上需要做出一定的创新,传统的以服务器或者机架、存储磁盘等个体租用的服务无法满足这种商业模式,因此虚拟化便成为了云计算重要的基础技术之一。通过虚拟化技术对传统的物理设备进行抽象化,按照需求提供不同能力的虚拟计算设备,例如,虚拟化的软件可以按照不同需求虚拟出不同配置的主机,从而向外提供租用服务;同时,服务和付费的颗粒度也可以做到非常地细化,使得服务可以按需使用并随时启动和停止。

在这样的模式下,云计算分为服务租用者和提供者两个群体。其中,服务的租用者无须关注计算服务的稳定性,只需要关注如何开发和部署服务,从而降低了移动互

联网服务的开发难度,使得很多创新性的服务可以以极低的成本甚至零成本快速地完成部署,进一步推动了移动互联网软件生态系统的发展。目前,很多互联网创业者选择了云计算服务作为首选平台部署应用服务。而服务的提供者则专注于如何保证云计算资源运行的稳定性,同时依据不同需求提供不同层次的技术服务。例如,直接提供类似于传统计算资源,包括虚拟化后的主机服务或者存储服务,即基础设施即服务(Infrastructure-as-a-Service);提供计算框架或者处理引擎的计算服务,如语音识别、地图导航、视频转码和分发等处理服务,通过提供者在基础设施即服务上部署计算框架,服务的租用者通过编程接口将数据上传并完成数据处理服务,也就是平台即服务(Platform-as-a-Service);还有直接通过网页等形式提供服务,如在线视频播放、文档在线编辑等,也就是软件即服务(Software-as-a-Service)。这三个层次的服务架构如图 1-13 所示。

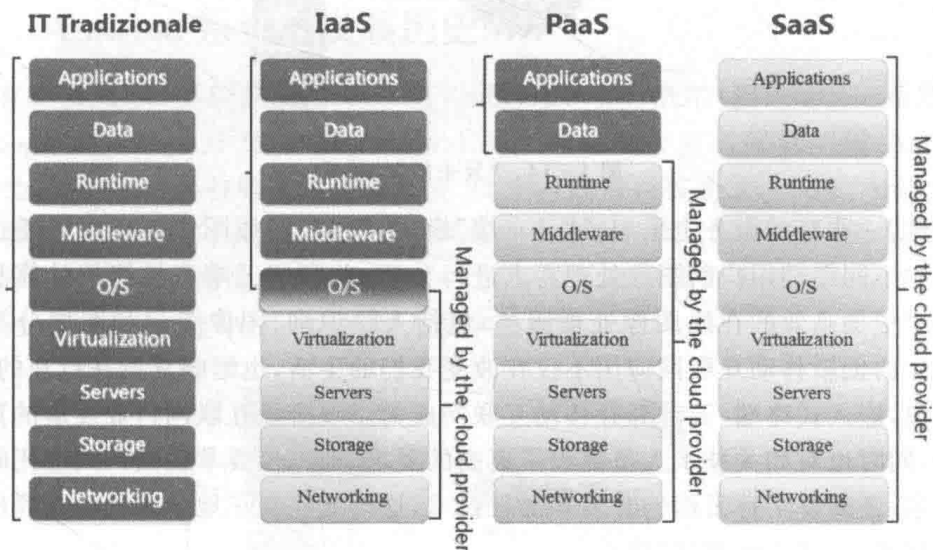


图 1-13 云计算的三种层次服务架构图

除了商业模式创新所带来的优势外,云计算也需要相关的技术发展。目前,移动互联网的发展给云计算技术提出了更高的要求,例如,面对海量的数据存储和计算如何提高资源的利用率,在节假日电商平台如何能快速地扩展计算能力,以便支撑海量的用户访问和数据交互,而在平时又如何能降低资源的冗余等。因此,云计算的出现可以认为是一种新的商业模式,也是一种技术发展的结果。

1.4 云+端的移动互联网服务架构

目前,大多数的移动互联网服务都采用类似于“云+端”的模式,这些软件需要和远端的后台服务器集群进行数据交互,如图 1-14 所示。例如,社交软件的特点要求

终端之间可以进行数据交互和处理分析,而海量的数据分析处理无法通过各终端的有限计算能力来完成,因此需要云计算平台为其提供所需的高性能计算和存储能力的支撑。

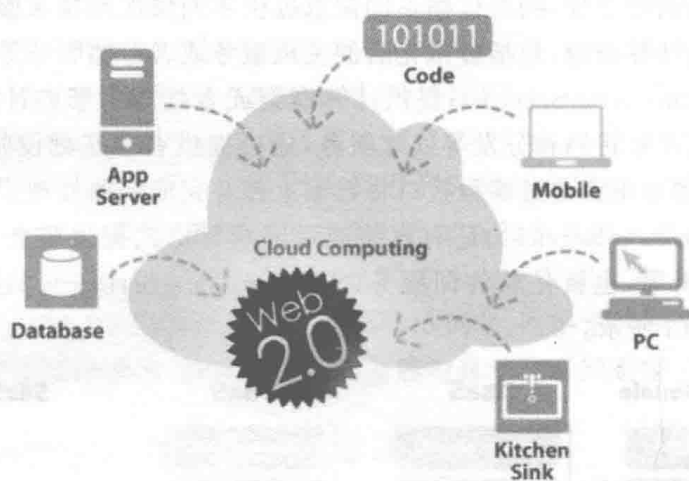


图 1-14 “云+端”的模式

当然,一些新的服务也采用了“云+端”模式,例如,在线图像处理服务通过云计算平台对不同终端用户的图像处理需求进行分析,并利用云端高性能的计算和存储资源提供更加高效的在线图像处理服务,包括人脸识别、图像美化和图像分类等服务。这样的创新移动互联网应用不仅在改变我们的生活,也影响其所在行业的发展。总的来说,嵌入式终端、云计算和移动互联网成为了现阶段互联网行业发展的重要组成部分,同时也对相关技术人员提出了更高的要求,即不仅要掌握嵌入式应用软件的开发技术,还需要了解云端的开发和部署技术,这样才能真正地掌握移动互联网服务的基本框架——“云+端”的模式。