

我与单片机和嵌入式系统 20 年

■ 北京麦克泰软件技术有限公司 何小庆

中国单片机 20 年的历程,正是我学习—成长—创业—发展的 20 年。回忆往事,许多感受和经历都涌现出来。业内专家、学者对单片机 20 年的发展历程有不同的划分。有人认为,20 世纪 80 年代是普及、推广的阶段,90 年代是广泛应用的阶段,21 世纪是嵌入式系统发展阶段;还有认为,1985~2000 年是单片机时代,2000 年以后是嵌入式系统时代。这些是仁者见仁,智者见智,都是准确和精辟的。过去的 20 年,我们的确走过了从单片机到嵌入式系统这个漫长和多姿多彩的道路。

1 Intel 领我步入单片机和嵌入式系统大门

2007 年是 Intel 公司嵌入式行业创新历程的 30 周年。1971 年,Intel 公司开发了 4040——全世界第一款微处理器。它虽然只有 2 300 个晶体管,但称得上是第一个可以商用的片上计算机。今天 Intel 公司已经是全世界最大的半导体公司,依靠 x86 芯片主宰着 PC 和服务市场。我想,许多人不会忘记 Intel 公司的 8051 和 8086。前者是 8 位单片机的重要核心芯片,后者是 PC 的基础。正是它们把我带入了单片机和嵌入式的世界。

我是 1984 年大学毕业分配到一家研究所工作的,专业是计算机测量和控制,最初的工作主要是基于小型机 PDP-11 计算机。1986 年以后,在所长庄梓新——信息和计算机专家的大力推动下,一个与 Intel 公司合作的引进微型计算机和单片机的项目改变了我们的现状。全新的基于 8086 的微型计算机系统和 8051 单片机开发系统让我们这些年轻人大开眼界,改变了我们对计算机的认识,神秘变成熟悉,从一点畏惧变成了喜爱;我们可以自由地打开一台微机,对单片机和单板机编程后烧入到 EPROM 里面,看到程序执行的结果,真是非常兴奋。1987 年,我参加了 Intel 香港公司的培训,更让我全面了解了单片机和嵌入式微处理器的开发过程。课程安排得非常紧凑,结合实际,体现了 Intel 公司一贯务实的作风。第 1 周学习有关处理器结构、指令集、中断、内存和 I/O 访问,以及汇编和 8255、8251 等接口技术,实验是安排使用 8086 和 8051 的开发系统汇编和 PL/M 语言编程(PL/M 是一种类似 C 语言的高级语言)。第 2 周讲授 Intel 单片机和微型机的实时多任务操作系统——iRMX。iRMX 也有支持

8086、286 和后来的 386 几个版本;虽然有支持 8051 的版本,但是因为当时 8051 资源的限制,实际使用得不多,用户还是以 MCS-51 宏汇编和 PL/M 51 作为开发语言,ICE51 在线仿真器作为 IDE 环境。需要强调的是,那时因为没有片上仿真技术,ICE51 虽然功能是完善的,但是价格昂贵,使得 8051 的开发变得相对困难得多。许多早期的用户不得不“摸黑”设计单片机系统(就是直接把程序代码烧入到 EPROM 执行),通过观察 LED 和示波器的波形来确定程序的执行结果。相对而言,因为有了 iRMX 和 86/310 系统(Intel 的基于 8086 单板机的系统),8086 开发就变得容易得多。iRMX 是一个可以称为 Unix 的实时化的完整操作系统,在 86/310 系统上开发好的代码可以从硬盘上直接启动,通过使用 printf() 在 CRT 看到代码执行的结果,最后需要代码在 8086 单板机上执行,可以借助 ICE86 仿真器或者 EPROM 烧入。iRMX 不能称为是一个嵌入式操作系统,这和 Intel 公司当时的策略有很大的关系,因为 Intel 公司希望用户更多购买它的系统机和单板机,而不是芯片。其实在技术上包括笔者在内的一些技术人员,已经实现了在一定的硬件配置条件下把 iRMX 移植到任何 8086 单板机上(这是后话了)。说真的,以今天的 Intel 公司和 20 年前的比较,那时 Intel 公司更像一个朝气蓬勃的青年,才华横溢,创造了许多好的产品和技术,如 Multibus 和 bitbus 这两个总线的技术和标准。前者为单板机互连系统内部总线标准,主要是应用在以 x86 单板计算机系统;后者是一个分布式的工业总线标准。Intel 公司还设计了基于 51 的通信控制器 8044(SIU),它可以支持 bitbus 协议传输。应该说,当年 Intel 公司项目对中国工业自动化、嵌入式系统和单片机发展的贡献是巨大的。正是因为对 Intel 公司的敬仰和对培养自己多年的研究所领导和同事的感情,研究生毕业后还是先选择了一直和我们研究所合作的 Intel 计算机北京公司的工作。

这次香港培训不仅让我学到全套的单片机和微机开发系统开发的知识,以及实际操作经验,还让我结识了同去参加学习的北京航空航天大学计算机系开发系统实验室主任田子均教授。和田教授的相识,促使我在几年后重新回到学校开始了计算机专业研究生的新生活。



2 VRTX 让我真正了解了嵌入式操作系统

学校的生活很快就过去了。1990年再次走出学校大门后,我才发现外面社会正在发生翻天覆地的变化,改革的浪潮汹涌澎湃,知识分子纷纷走出大门,横向合作、“下海”创业。单片机和微处理器也由当初 Intel 公司的 8051 和 8086 一枝独秀,变成 Z80, Philips 公司的 XAMC6800/68000,还有 TI 和 ADI 公司的 DSP,百花齐放。除了大名鼎鼎的台湾 Micetek 公司的单片机开发系统外,国内的单片机和微处理器开发系统也形成规模。当时小有名气的是北京工业大学的 TP801,启东电子厂的 8051 和北京三环公司的 8086 仿真器。嵌入式软件方面的发展相对慢些,主要还是汇编语言和逐渐为大家所接受的 C 语言。那时多数人在用 Franklin C51,后来逐渐被 Keil C51 替代;当然,今天又开始转到了 IAR EW51。

一次很偶然的,我参加一个技术研讨会,认识了 VRTX 嵌入式操作系统和 Ready System 公司的创始人 Jim Ready 先生和销售副总裁 Andre Kobel——一个和蔼、稳健和执着的瑞士人,改变了我以后的生活。今天,一些资深的工程师可能认识的嵌入式操作系统是 Vxworks,少数人可能听说过 PSOS;VRTX 大家都不了解。其实,VRTX 几乎是比它们更早一代的嵌入式操作系统(也称为“RTOS”),第一个商业版本的 VRTX1.0 早在 1981 年就发表了。在整个 1980 年,VRTX 在全世界占领了多数的市场,有超过一百万用户产品,包括 AT&T、Motorola、Siemens 公司的通信和手机产品,波音、麦道和空客的飞机控制装置。VRTX 是一个真正意义的嵌入式操作系统,也是一个实时操作系统。1991 年的 VRTX 就可以支持 68K、x86、960、SPARC 等 16、32 位的单片机和嵌入式微处理器。精细的模块化设计,完整的开发环境 VRTXvelocity 和 rtscope 源代码调试器及高级语言的编译,还有面向对象的设计工具 VRTXdesigner,我被这些产品吸引了。当时我想,这样的软件应该是未来我国单片机和嵌入式软件开发的方向吧。

几年以后,追随时代的浪潮我也“下海”了。在摸索了一段时间之后,很快我把麦克泰公司的方向放在嵌入式软件上,那么自然而然 VRTX 就是我最好的选择。那个时候 Ready System 公司已经和另外一家美国公司合并,产品更加丰富,覆盖的嵌入式软件从编译、调试、仿真到操作系统,一整套工具。那时支持最多的单片机是高档的 80186、386EX 和 Motorola 的 683XX,但是必须承认当时的市场还非常小。最初,从工程师到领导多对 C 语言开发工具和仿真器是认可的;但对于嵌入式操作系统,大家只是听说国外用得很多,而亲眼看到的却很少,怀疑和担心占了主流。那时的单片机和微处理器的处理能力,网络、存储和外设功能都无法与今天的相比,所以嵌入式操

作系统应用在那个年代的我国还是凤毛麟角。直到 1997 年,通信产业蓬勃发展。由于通信设备制造商对处理能力和网络的需求而大量采用嵌入式操作系统,促进了我国嵌入式软件的快速发展。记得我第一次访问华为公司时,负责演示和讲解的一个项目主管现在已经是公司中研部的老总了,可见那时通信厂商对嵌入式操作系统的重视。可以让人值得记忆的、典型的国内 VRTX 的应用是: GSM 基站、ISDN 终端、SDH 光传输和数字程控交换机设备、飞行控制装置、计量和测试设备等等,有近百种之多。

VRTX 的市场推广过程是艰辛和漫长的教育过程。那时多数用户是第一次使用 RTOS,任何概念和经验都没有,我们只好走与学校合作的路线。这也让我认识了包括清华大学的邵贝贝老师、成都电子科技大学的熊光泽教授和罗蕾老师等最初的合作伙伴。熊老师领导的小组是国内最早研究嵌入式操作系统的,他们帮助我们完成了 VRTX 培训教材的编写和十余项实验,组织了 VRTX 培训班,安排专人研究一些技术难题。这些对于今天来说可能是很容易的事情,但是 10 年前,成都电子科技大学和麦克泰公司所做的一切都是开创性的。参加学习班的某些学员今天已经成为大型企业的主要领导了。

借助成都电子科技大学的 Intel 实验室,我们拿到了一定数量的 386EX 评估板,我又说服了 VRTX 美国总部,让信息产业部电子科学院和成都电子科技大学成立的嵌入式试验室得到了 VRTX 的教育授权。今天书店里到处是 ARM/Linux 教材,可惜的是,我们那本 VRTX 培训教材没有组织出版,只有手里的 1 本留作纪念了。特别值得一提的是,386EX 这颗芯片,虽然不是传统意义上的单片机,但是它推动了 32 位 CPU 在嵌入式系统的应用。这颗芯片更像一个通用的 ARM7 SoC,非常容易构造一个小的单片系统,只是 DRAM 的接口电路略微复杂了一点。Intel 公司在 386EX 之后没有新的发展,将市场让给了后来者——Motorola、TI、Philips 和再后面的 ARM 公司。虽然 Intel 公司后来借助 XScale 再次进军嵌入式系统而且取得了更辉煌的成就;但是去年,Intel 公司还是放弃了 XScale 无线和手持部分的业务,再次回归 x86 体系。

与清华大学邵老师的合作起源于国内单片机新的发展时期。邵老师的实验室是 Motorola 单片机实验室,那时 68XX(8 位)、683XX(16 位)和 68XXX(32 位)早在北美和欧洲占领了大半市场,我国因为 Intel 先入市场还在起步期。得益于清华的名气,合作很顺利地得到 VRTX 美国方面的支持,最新的 VRTX 开发系统——Spetra 和 683XX/86XXX 开发软件 XRAY,很快就在清华的实验室运行起来了。当然,这引来了国内不少希望使用 Motorola 单片机用户的关注。和邵老师的认识也让我结缘 Jean J. Labroose 先生,在加拿大蒙特利尔见面后很快建立了他的 PC/OS-II 和麦克泰公司的业务往来。

3 ARM 和开源软件促进单片机和嵌入式系统标准化

自 1991 年第 1 次参加 VRTX 研讨会到公司销售和服务这个产品结束的整个过程大约是 10 年的时间,这 10 年正好是中国单片机和嵌入式系统大发展的阶段。在 2000 年之后,市场、技术和人们的思维观念都在发生着巨大的变化。记得最初由北京航空航天大学何立民教授召集的单片机联谊会是在北京航空航天大学出版社的一个小会议室召开的,只有十几个人。大家就单片机领域各自了解的情况和体会进行沟通和交流;后来参加的人逐渐多了,何老师开始准备些题目让大家发言和讨论;到 2~3 年后,因为参加的人太多了,会议不得不以讲座的形式召开了。单片机联谊会的经历过程也是国内单片机向嵌入式系统演变的过程,人们思想和观念的变化催生了单片机向更广泛的领域发展,也影响和带动了更多的人参与和关心。今天的嵌入式软件已经是软件行业的重要部分,今天的单片机和嵌入式系统已经是计算机、电子技术、通信技术等众多行业的集合体。

ARM 和开源嵌入式软件为单片机和嵌入式系统的发展起到了重要作用。在它们之前,不是没有好的单片机,不是没有好的嵌入式软件和操作系统;但是,没有一个平台可以把单片机世界的“八国联军”统一到一个体系结构里面。美国的 8051 和 68XX、TI 公司的 DSP 和 MSP430、欧洲的 XA 和 AVR、日本瑞萨和 NEC 公司的体系结构和开发工具,多是各自为政;操作系统有 VRTX、VXworks、PSOS、Nucleus、OSE、CMX,少则几千美元,多则数万美元。这样的局面直到 ARM 和开源嵌入式软件出现后才有根本的改变。今天,虽然上面的单片机还有一定市场,但是更多的厂家在加快推出基于 ARM 核的单片机,包括老牌的 Atmel、NXP(以前的 Philips)、ST、飞思卡尔(前 Motorola 半导体部)、TI、三星和 Intel 的 XScale(今天的 Marvell),还有许许多多基于 ARM 的 SoC 芯片和基于 ARM 的 FPGA。这些 SoC 往往是一些专用的单片机。除了 Intel 公司外,上面的厂家都保持与 ARM 公司的紧密合作,并遵循其发展路线,即 ARM7—ARM9—ARM10—ARM11—Cortex。这样的产品格局对于单片机的用户是有益的,他们可以专注于产品层面的创新上。

Linux 是芬兰的学生 Linus Torvalds 于 1991 年写的一个操作系统,之后全世界数以万计的人为之贡献着自己的知识和才能。Linux 不仅在服务器上取得了巨大的成功,在桌面系统方面逐渐成熟;更重要的是,Linux 被证明非常适合于嵌入式系统。Linux 是完全开放的、免费的,要求的只是使用者的贡献(GPL 的协议)。早期的 Linux 还主要是 x86 的移植代码,ARM 体系越来越为开源社区更多的人士所接受,ARM 公司和其他众多的 ARM 授权的芯片公司也

积极资助开源社区和商业企业相关项目,这些使得 ARM Linux 更加成熟。有了 Linux/GNU 支持的 ARM 平台,就有了一个相对完整的单片机开发环境,价格是非常低廉的。这个平台解决了传统的单片机开发系统缺少高级语言和操作系统,以及网络和图形应用开发环境的问题,把单片机的开发引向了一个高起点。包括 ARM 中国、北京航空航天大学出版社、《电子产品世界》杂志社、《单片机与嵌入式系统应用》杂志社、博创公司、周立功公司、英培特和麦克泰,他们通过推广 ARM 授权培训,出版图书、杂志,ARM 教学板和入门级 ARM 开发系统,为 ARM 单片机的普及铺路搭桥。今天 ARM 单片机的书籍、开发板和 JTAG 仿真器,可以与当年的 8051 开发系统相比拟并有所超越,ARM 和包括 Linux 在内的开源软件把我们带入了 32 位的单片机和嵌入式系统世界。也是因为 Linux 的缘故,让我和 Jim Ready 先生以及他新创立的 MontaVista 再次携手,把商业的嵌入式实时 Linux 带进中国,开始了麦克泰“嵌入式 Linux 中国上路”的新历程。

Linux 是开源软件的一个杰出典范。其他的开源和半开源软件包括 eCos、 μ C/OS-II(针对教育和非商业应用)、QT(GPL 和商业授权)和早期的 miniGUI,它们对单片机和嵌入式系统的普及和推广都起了积极的作用。

4 展望未来

我国走过了单片机从无到有的时代,已经跨入一个全新的嵌入式系统领域。展望未来,我们将看到的单片机是一个绚丽多彩的世界,功能强大,品种繁多,单片机将和各种电子器件、网络、传感器件结合,融入各种产品和装置里面;单片机和嵌入式系统将更加智能、节能、经济、安全和可靠。嵌入式开发系统和软件将更容易使用,组件和平台化。总之,单片机和嵌入式系统将从神秘和专业化走向普及和大众化,人们将越来越喜爱它,越来越离不开它。

参考文献

- [1] 何小庆. 嵌入式 Linux 中国上路[J]. 电子设计技术, 2003(8).
- [2] 何小庆. 选择一个 ARM CPU 嵌入式操作系统[J]. 电子产品世界, 2005(5).
- [3] 何小庆. 嵌入式 Linux 软件和工具支持 SoC 的发展[R]. 2006 年 3 月上海微处理器论坛.
- [4] 何小庆. 我看嵌入式软件知识产权(上)、(下)[J]. 电子产品世界, 2007(8-9).
- [5] Intel. Intel 嵌入式行业创新历程的 30 周年研讨会手册. 2007-09.
- [6] 2007 年全国第七届嵌入式系统与单片机学术交流会论文集[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007 增刊.
- [7] 2007 年全国第七届嵌入式系统与单片机学术交流会手册[J]. 电子产品世界, 2007(9).

(收稿日期: 2007-10-31)