



10年口碑积累，成功培养50000多名研发工程师，铸就专业品牌形象

华清远见的企业理念是不仅要做好良心教育、做专业教育，更要做受人尊敬的职业教育。

《Windows CE 嵌入式开发标准教程》

作者：华清远见

专业始于专注 卓识源于远见

第 2 章 ARM 基础开发

本章目标

通过本章的学习，读者将会掌握以下内容。

- 了解 ARM 处理器的特点
- 掌握 ARM 开发的工具分类
- 掌握 ARM 开发的基本概念

2.1 什么是 ARM

ARM (Advanced RISC Machines) 有 3 种含义, 它既是一个公司的名称, 又是一类微处理器的通称, 还是一种开发技术的名称。

ARM 公司是微处理器行业的一家知名企业, 设计了大量高性能、廉价、低能耗的 RISC (Reduced Instruction Set Computing, 精简指令集计算机处理器) 芯片, 并开发了相关技术和软件。ARM 处理器具有性能高、成本低和能耗低的特点, 适用于嵌入式控制、消费/教育类多媒体、DSP 和移动式应用等领域。

ARM 公司本身不生产芯片, 靠转让设计许可, 由合作伙伴公司来生产各具特色的芯片。ARM 这种商业模式的强大之处在于其价格合理, 它在全世界范围的合作伙伴超过 100 个, 其中包括许多著名的半导体公司。

ARM 公司专注于设计, 设计的芯片内核耗电少、成本低、

功能强, 特有 16/32 位双指令集。ARM 已成为移动通信、手持计算和多媒体数字消费等嵌入式解决方案的 RISC 实际标准。

2.1.1 ARM 公司介绍

1990 年 11 月 ARM 公司成立于英国, 原名 Advanced RISC Machine 有限公司, 是苹果电脑、Acorn 电脑集团和 VLSI Technology 的合资企业。Acorn 曾推出世界首个商用单芯片 RISC 处理器, 而苹果电脑当时希望将 RISC 技术应用于自身系统, ARM 微处理器新标准因此应运而生。ARM 公司成功地研制了首个低成本 RISC 架构, 迅速在市场上崭露头角。与此同时, RISC 结构的竞争对手都着眼于提高性能, 发展适合高端工作站处理器的 RISC 结构。

1991 年 ARM 公司推出首个嵌入式 RISC 核心——ARM6™系列处理器后不久, VLSI 率先获得授权, 一年后夏普和 GEC Plessey 也成为授权用户。1993 年德州仪器和 Cirrus Logic 也签署了授权协议。从此 ARM 公司的知识产权产品和授权用户都急剧增多。1993 年 Nippon Investment and Finance (NIF) 成为 ARM 公司股东后, ARM 公司开始向全球拓展, 分别在亚洲、北美洲和欧洲设立了办事处。1998 年 4 月 ARM 公司在伦敦证券交易所和纳斯达克交易所上市。

ARM 公司现已发展成为一家全球性大公司, 公司在英国、法国和美国设有研发中心, 在中国、法国、德国、日本、韩国、以色列、英国和美国建立了销售、行政和技术支持办事处。

2.1.2 ARM 的商业模式

20 世纪 90 年代初, ARM 公司率先进行 32 位 RISC 微处理器芯片系统 (SoC) 知识产权公开授权。ARM 公司通过出售芯片技术授权而非生产或销售芯片, 建立起新型的微处理器设计、生产和销售商业模式。采用 ARM 技术的微处理器遍及各类电子产品, 广泛应用于汽车电子、消费娱乐、成像、工业控制、网络、存储安保和无线等领域。

ARM 公司知识产权授权用户众多, 其中包括世界顶级的半导体公司。全球 20 家最大的半导体厂商中有 19 家是 ARM 公司的用户。这些合作伙伴通过使用 ARM 公司低价、高效的 IP 核技术研制生产微处理器、外围设备和系统芯片。迄今这些厂商共发售了超过 10 亿个 ARM 微处理器内核。

为支持和增补 ARM 公司的现有 RISC 微处理器内核和 SoC IP, 公司开发了功能强大的软件。ARM 公司的伙伴企业能够获得各种基于软件的 IP、操作系统端口和软件设计服务, 从而大大降低产品开发风险, 缩短上市时间。

首先是 ARM PrimeXsys 平台。这是一种取出即用的 IP, 以平台的形式为专门应用提供支持。第一个 PrimeXsys 平台是 2001 年 9 月推出的 PrimeXsys Wireless 平台。它是一个高集成度的可扩展平台, 包含了所有必需的硬件、软件和集成工具。ARM 公司的伙伴企业可以利用这个平台轻松开发一系列基于 ARM 处理器的面向应用的设备, 既迅速, 风险又低。

ARM 公司推出的另一新技术是 Jazelle, 这项技术能将 Java 技术和全球领先的 32 位嵌入式 RISC 结构结合在一起, 使平台开发人员能够在同一处理器上与现有操作系统、中间软件和应用编码同时运行 Java 应用程

序，从而提高性能，降低系统成本，比协处理器和双处理器解决方案能耗更低。

2.2 ARM 处理器介绍

2.2.1 ARM 处理器系列

ARM 处理器当前有 6 个产品系列：ARM7、ARM9、ARM9E、ARM10E、ARM11 和 SecurCore，其中 ARM11 为最近推出的产品。进一步的产品来自于合作伙伴，例如 Intel Xscale ARM7、ARM9、ARM9E、ARM10E 是 4 个通用处理器系列。每个系列提供一套特定的性能来满足设计者对功耗、性能、体积的需求。SecurCore 是第 5 个产品系列，是专门为安全设备而设计的。

表 2.1 总结了 ARM 各系列处理器所包含的不同类型。

表 2.1 ARM 各系列处理器所包含的不同类型

| ARM 系列 | 包含类型 |
|-----------------------------------|---|
| ARM7 系列 | ARM7EJ-S ARM7TDMI ARM7TDMI-S ARM720T |
| ARM9/9E 系列 | ARM920T |
| | ARM922T ARM926EJ-S ARM940T ARM946E-S ARM966E-S ARM968E-S |
| 向量浮点运算 (Vector Floating Point) 系列 | VFP9-S VFP10 |
| ARM10E 系列 | ARM1020E ARM1022E ARM1026EJ-S |
| ARM11 系列 | ARM1136J-S ARM1136JF-S ARM1156T2(F)-S ARM1176JZ(F)-S ARM11 MPCore |
| SecurCore 系列 | SC100 SC110 SC200 SC210 |
| 其他合作伙伴产品 | StrongARM XScale Cortex-M3 MBX |

1. ARM7 系列

ARM7 内核采用冯·诺伊曼体系结构，数据和指令使用同一条总线。内核有一条 3 级流水线，执行 ARMv4

指令集。

ARM7 系列处理器主要用于对功耗和成本要求比较苛刻的消费类产品。其最高主频可以到达 130MIPS（MIPS 指每秒执行的百万条指令数）。ARM7 系列包括 ARM7TDMI、ARM7TDMI-S、ARM7EJ-S 和 ARM720T 4 种类型，主要用于适应不同的市场需求。

ARM7 系列处理器主要具有以下特点：

- 成熟的大批量的 32 位 RISC 芯片；
- 最高主频到达 130MIPS；
- 功耗低；
- 代码密度高，兼容 16 位微处理器；
- 开发工具多、EDA 仿真模型多；
- 调试机制完善；
- 提供 0.25 μ m、0.18 μ m 及 0.13 μ m 的生产工艺；
- 代码与 ARM9 系列、ARM9E 系列以及 ARM10E 系列兼容。

2. ARM9 系列

ARM9 系列于 1997 年问世。由于采用了 5 级指令流水线，ARM9 处理器能够运行在比 ARM7 更高的时钟频率上，改善了处理器的整体性能；存储器系统根据哈佛体系结构（程序和数据空间独立的体系结构）重新设计，区分了数据总线和指令总线。

ARM9 系列的第一个处理器是 ARM920T，包含独立的数据指令 Cache 和 MMU。此处理器能够被用在要求有虚拟存储器支持的操作系统上。此系列的 ARM922T 是 ARM920T 的变种，只有一半大小的数据指令 Cache。

ARM940T 包含一个更小的数据指令 Cache 和一个 MPU。它是针对不要求运行操作系统的应用而设计的。ARM920T、ARM940T 都执行 v4T 架构指令。

3. ARM9E 系列

ARM9 系列的下一个处理器是基于 ARM9E-S 内核的。这个内核是 ARM9 内核带有 E 扩展的一个可综合版本。它有 ARM946E-S 和 ARM966E-S 两个变种。两者都执行 v5TE 架构指令。它们也支持可选的嵌入式跟踪宏单元，支持开发者实时跟踪处理器上指令和数据的执行。当调试对时间敏感的程序段时，这种方法非常重要。

ARM946E-S 包括 TCM、Cache 和一个 MPU。TCM 和 Cache 的大小可配置。该处理器是针对要求有确定的实时响应的嵌入式控制而设计的。ARM966E-S 有可配置的 TCM，但没有 MPU 和 Cache 扩展。

ARM9 系列的 ARM926EJ-S 内核为可综合的处理器内核，发布于 2000 年。它是针对小型便携式 Java 设备，诸如 3G 手机和 PDA 应用而设计的。ARM926EJ-S 是第一个包含 Jazelle 技术，可加速 Java 字节码执行的 ARM 处理器内核。它还有一个 MMU、可配置的 TCM 以及具有零或非零等待存储器的数据/指令 Cache。

4. ARM10 系列

ARM10 发布于 1999 年，具有高性能、低功耗的特点。它所采用的新的体系使其在所有 ARM 产品中具有最高的 MIPS/MHz。它将 ARM9 的流水线扩展到 6 级，也支持可选的向量浮点单元 VFP，对 ARM10 的流水线加入了第 7 段。VFP 明显增强了浮点运算性能并与 IEEE 754.1985 浮点标准兼容。

ARM10E 系列处理器采用了新的节能模式，提供了 64 位的 Load/Store 体系，支持包括向量操作的满足 IEEE 754 的浮点运算协处理器，系统集成更加方便，拥有完整的硬件和软件开发工具。ARM10E 系列包括

ARM1020E、ARM1022E 和 ARM1026EJ-S 3 种类型。

5. ARM11 系列

ARM1136J-S 发布于 2003 年，是针对高性能和高能效而设计的。ARM1136J-S 是第一个执行 ARMv6 架构指令的处理器。它集成了一条具有独立的 Load/Store 和算术流水线的 8 级流水线。ARMv6 指令包含了针对媒体处理的单指令流多数据流扩展，采用特殊的设计改善视频处理能力。

6. SecurCore 系列

SecurCore 系列处理器提供了基于高性能的 32 位 RISC 技术的安全解决方案。SecurCore 系列处理器除了具有体积小、功耗低、代码密度高等特点外，还具有它自己特别优势，即提供了安全解决方案支持。下面总结了 SecurCore 系列的主要特点：

- ① 支持 ARM 指令集和 Thumb 指令集，以提高代码密度和系统性能；
- ② 采用软内核技术以提供最大限度的灵活性，可以防止外部对其进行扫描探测；
- ③ 提供了安全特性，可以抵制攻击；
- ④ 提供面向智能卡和低成本的存储保护单元 MPU；
- ⑤ 可以集用户自己的安全特性和其他的协处理器。

SecurCore 系列包含 SC100、SC110、SC200 和 SC210 等 4 种类型。

7. 其他系列处理器

StrongARM 处理器最初是 ARM 公司与 Digital Semiconductor 公司合作开发的，现在由 Intel 公司单独许可。在低功耗、高性能的产品中应用很广泛。它是哈佛架构的，具有独立的数据和指令 Cache，有 MMU (Memory Management Unit)。StrongARM 是第一个包含 5 级流水线的高性能 ARM 处理器，它不支持 Thumb 指令集。Intel 公司的 Xscale 是 Strong ARM 的后续产品，在性能上有显著改善。它执行 v5TE 架构指令，也是哈佛结构的，类似于 StrongARM 也包含一个 MMU。

8. Cortex-M3 和 MPCore

为了适应市场的需要，ARM 推出了两个新的处理器：Cortex-M3 和 MPCore。Cortex-M3 主要针对微控制器市场，而 MPCore 主要针对高端消费类产品。

Cortex-M3 改进了代码密度，减少了中断延时并有更低的功耗。Cortex-M3 中实现了最新了 Thumb-2 指令集。MPCore 提供了 Cache 一致性，每个支持 1~4 个 ARM11 核，这种设计为现代消费类产品对性能和功耗的需求作了很好的平衡。ARM 还引入了 L2Cache 控制器来改进系统的整体性能。

2.2.2 ARM 处理器的应用领域

ARM7 系列处理器主要应用于下面一些场合：

- 个人音频设备（MP3 播放器、WMA 播放器、AAC 播放器）；
- 接入级的无线设备；
- 喷墨打印机；
- 数码照相机；

■ PDA。

ARM9 系列处理器具体应用于下面一些场合：

- 下一代无线设备，包括视频电话和 PDA 等；
- 数字消费品，包括机顶盒、家庭网关、MP3 播放器和 MPEG4 播放器；
- 成像设备，包括打印机、数码照相机和数码摄像机；
- 汽车、通信和信息系统。

ARM9E 系列处理器具体应用于下面一些场合：

- 下一代无线设备，包括视频电话和 PDA 等；
- 数字消费品，包括机顶盒、家庭网关、MP3 播放器和 MPEG4 播放器；
- 成像设备，包括打印机、数码照相机和数码摄像机；
 - 存储设备，包括 DVD 或 HDD 等；
 - 工业控制，包括电机控制等；
- 汽车、通信和信息系统的 ABS 和车体控制；
 - 网络设备，包括 VoIP、WirelessLAN 和 xDSL 等。

ARM10E 系列处理器具体应用于下面一些场合：

- 下一代无线设备，包括视频电话和 PDA、笔记本电脑和互联网设备；
- 数字消费品，包括机顶盒、家庭网关、MP3 播放器和 MPEG4 播放器；
- 成像设备，包括打印机、数码照相机和数码摄像机；
- 汽车、通信和信息系统等；
 - 工业控制，包括马达控制等。

SecureCore 系列处理器主要应用于一些安全产品及应用系统，包括电子商务、电子银行业务、网络、移动媒体和认证系统等。

2.2.3 ARM 处理器的特点

表 2.2 显示了 ARM7、ARM9、ARM10 及 ARM11 内核之间属性的比较。有些属性依赖于生产过程和工艺，具体芯片需参阅其芯片手册。

表 2.2 ARM 系列处理器属性比较

| 项 目 | ARM7 | ARM9 | ARM10 | ARM11 |
|--------------|-------|---------------|--------------|--------------|
| 流水线深度 | 3 级 | 5 级 | 6 级 | 8 级 |
| 典型频率 (MHz) | 80 | 150 | 260 | 335 |
| 功耗 (mw/ MHz) | 0.06 | 0.19 (+Cache) | 0.5 (+Cache) | 0.4 (+Cache) |
| MIPS/ MHz | 0.97 | 1.1 | 1.3 | 1.2 |
| 架构 | 冯·诺伊曼 | 哈佛 | 哈佛 | 哈佛 |
| 乘法器 | 8×32 | 8×32 | 16×32 | 16×32 |

表 2.3 总结了各种处理器的不同功能。

表 2.3 ARM 处理器不同功能特性

| CPU 核 | MMU/MPU | Cache | Jazelle | Thumb | 指令集 | E |
|----------|---------|---------------------|---------|-------|-------|---|
| ARM7TDMI | 无 | 无 | 否 | 是 | v4T | 否 |
| ARM7EJ-S | 无 | 无 | 是 | 是 | v5TEJ | 是 |
| ARM720T | MMU | 统一 8KBCache | 否 | 是 | v4T | 否 |
| ARM920T | MMU | 独立 16KB 指令和数据 Cache | 否 | 是 | v4T | 否 |
| ARM922T | MMU | 独立 8KB 指令和数据 Cache | 否 | 是 | v4T | 否 |

| | | | | | | |
|-------------|-----|---------------------|---|---|-------|---|
| ARM926EJ-S | MMU | Cache 和 TCM 可配置 | 是 | 是 | v5TEJ | 是 |
| ARM940T | MPU | 独立 4KB 指令和数据 Cache | 否 | 是 | v4T | 否 |
| ARM946E-S | MPU | Cache 和 TCM 可配置 | 否 | 是 | v5TE | 是 |
| ARM966E-S | 无 | Cache 和 TCM 可配置 | 否 | 是 | v5TE | 是 |
| ARM1020E | MMU | 独立 32KB 指令和数据 Cache | 否 | 是 | v5TE | 是 |
| ARM1022E | MMU | 独立 16KB 指令和数据 Cache | 否 | 是 | v5TE | 是 |
| ARM1026EJ-S | MMU | Cache 和 TCM 可配置 | 是 | 是 | v5TE | 是 |
| ARM1036J-S | MMU | Cache 和 TCM 可配置 | 是 | 是 | v6 | 是 |
| ARM1136JF-S | MMU | Cache 和 TCM 可配置 | 是 | 是 | v6 | 是 |

2.2.4 ARM 开发工具

用户选用 ARM 处理器开发嵌入式产品时，选择合适的开发工具可以加快开发进度，节省开发成本。根据功能不同，ARM 应用软件的开发工具分别有编译软件、汇编软件、连接软件、调试软件、评估板、JTAG 仿真器和在线仿真器等，目前世界上大约有四十多家公司提供以上不同种类的开发产品。

Realview 系列开发工具的英文全称为 Realview Developer Suite，是 ARM 公司（www.arm.com）为方便用户在 ARM 芯片上进行应用软件开发而推出的一整套集成开发工具。该套工具包括软件开发套件和硬件仿真工具。经过 ARM 公司逐年的维护和更新，目前的最新版本为 3.0。

ARM RVDS 起源于 ARM ADS（ARM Developer Suite），它对一些 ADS 的模块进行了增强并替换了一些 ADS 的组成部分。它支持几乎所有的 ARM 处理器，包括最新的 ARMv6 体系结构。支持的操作系统除了 Windows 外，还有 Linux。

ARM RVDS 主要包括以下几部分。

1. Realview compilation Tools

Realview compilation Tools 由编译器、汇编器和连接器组成。ARM 公司针对 ARM 系列每一种结构都进行了专门的优化和处理，这一点除了作为 ARM 结构的设计者 ARM 公司外，其他公司都无法办到。

Realview compilation Tools 主要包括以下组件：

- ARM/Thumb 汇编器 armasm；
- 连接器 armlink；
- 格式转换工具 fromelf；
- 库管理器 armar；
- C 和 C++应用程序库；
- 工程管理。

这些工具的使用过程如图 2.1 所示。

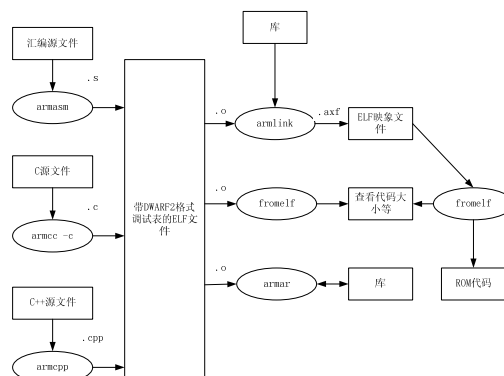


图 2.1 ARM 开发工具组件使用过程

以上工具为命令行开发工具，同时也被集成在它的 IDE 开发环境中。

2. 集成开发环境

(1) CodeWarrior.

CodeWarrior 是 Metrowerks 公司一套比较著名的集成开发环境，是一个直观、易用的环境，集成了很多 ARM 开发工具。CodeWarrior 界面风格独特，如图 2.2 所示。

CodeWarrior 包含项目管理、代码生成、语法敏感编辑器、C/C++源文件浏览器、类浏览器以及文件比较器等。项目管理有直观的 GUI，可以通过隐藏底层目录结构来简单地管理复杂的项目。强大的内置编辑器是编写软件的理想工具。可配置的接口让用户可以根据喜好裁减外形，以提高效率。

(2) AXD.

AXD 即 ARM 扩展调试器 (ARM extended Debugger) 是运行在主机上的嵌入式开发调试工具。其界面如图 2.3 所示。

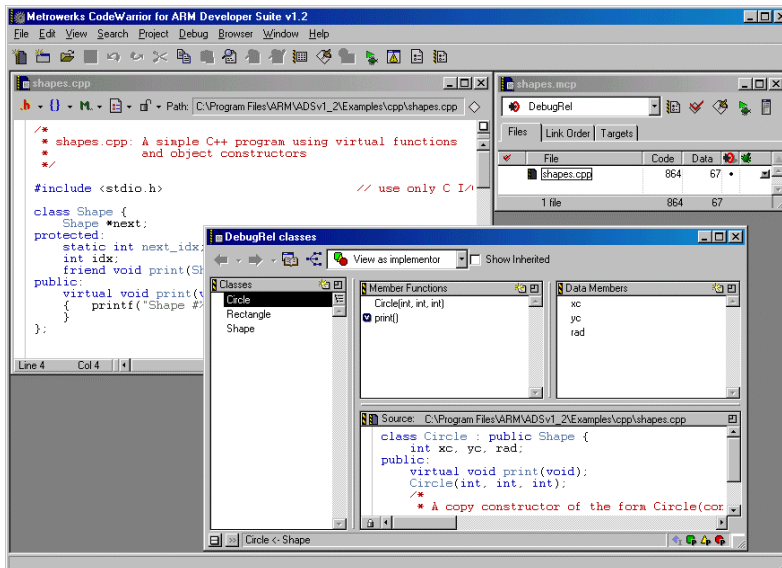


图 2.2 CodeWarrior 集成开发环境

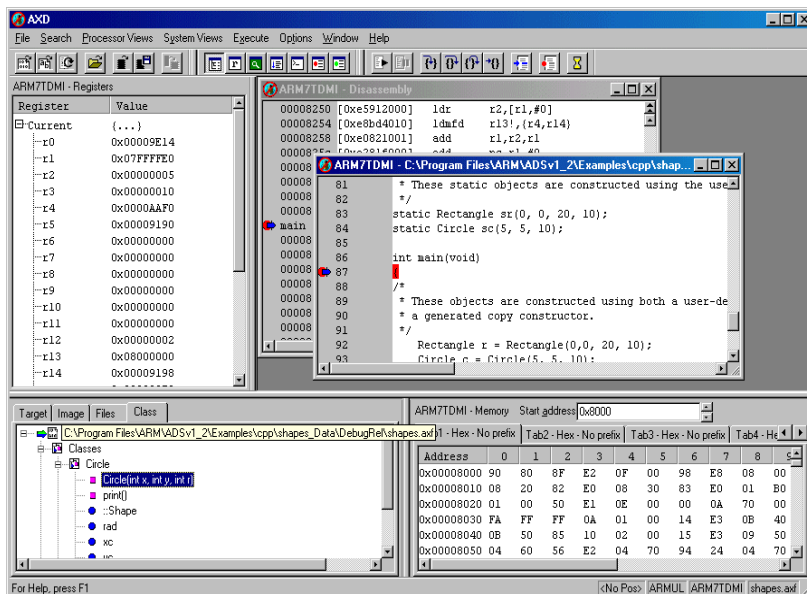


图 2.3 AXD 图形界面

AXD 包含新型的 GUI、图形窗口管理、数据显示、命令行接口等组件。它使用户不用改变调试器就可以选择不同的调试目标，如 ARMulator、Angel 或 Multi_ICE 等，扩展了 ARM 调试目标接口。

3. Multi_ICE

Multi_ICE 是 ARM 公司自己的 JTAG 仿真器，其 JTAG 链时钟可以设置为 5kHz~10MHz。它支持 ARM7、ARM9、ARM9E、ARM10 等 ARM 系列处理器。

Multi_ICE 主要有以下特点。

- 快速的下载和单步速度；
- 用户控制的输入、输出位；
- 可编程的 JTAG 位传送速率；
- 开放的接口，允许调试非 ARM 核和 DSP；
- 网络连接到多个调试器。

2.3 思考与练习

1. ARM 公司的商业模式是什么样的？
2. ARM 处理器有哪些系列？
3. ARM 开发工具都有哪些？它们的特点是什么？

联系方式

集团官网：www.hqyj.com

嵌入式学院：www.embedu.org

移动互联网学院：www.3g-edu.org

企业学院：www.farsight.com.cn

物联网学院：www.topsight.cn

研发中心：dev.hqyj.com

集团总部地址：北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校内 华清远见教育集团

北京地址：北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校区，电话：010-82600386/5

上海地址：上海市徐汇区漕溪路 250 号银海大厦 11 层 B 区，电话：021-54485127

深圳地址：深圳市龙华新区人民北路美丽 AAA 大厦 15 层，电话：0755-25590506

成都地址：成都市武侯区科华北路 99 号科华大厦 6 层，电话：028-85405115

南京地址：南京市白下区汉中路 185 号鸿运大厦 10 层，电话：025-86551900

武汉地址：武汉市工程大学卓刀泉校区科技孵化器大楼 8 层，电话：027-87804688

西安地址：西安市高新区高新一路 12 号创业大厦 D3 楼 5 层，电话：029-68785218

广州地址：广州市天河区中山大道 268 号天河广场 3 层，电话：020-28916067