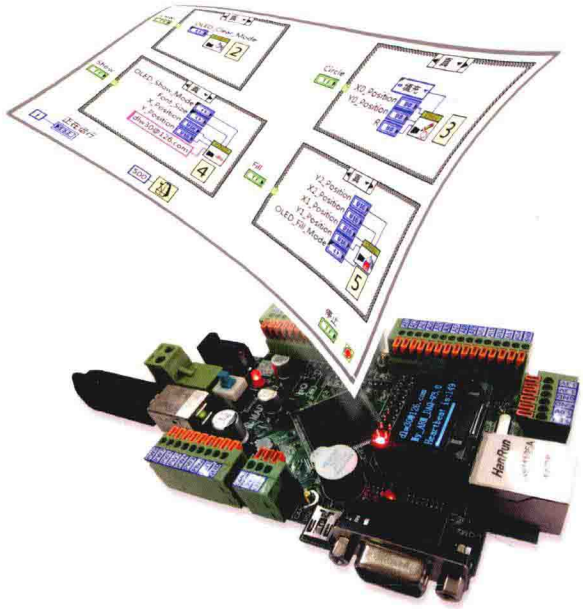
首本系统讲解如何使用LabVIEW直接开发STM32芯片的书——边缘创新。
提供完整45课时的基础/高级/综合实验课程及其视频教程——易学易用。
配套首款支持LabVIEW直接编程的STM32学习板/数采板/核心板——极致体验。

电子与嵌入式系统设计丛书



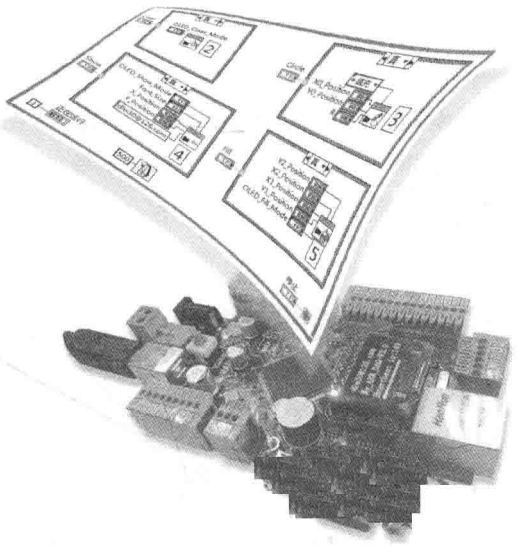
STM32开发实战

LabVIEW卷

王电令 苏亚辉 苏彩红 编著

机械工业出版社
China Machine Press

电子与嵌入式系统
设计丛书



STM32开发实战

LabVIEW卷

王电令 苏亚辉 苏彩红 编著

机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目（CIP）数据

STM32 开发实战：LabVIEW 卷 / 王电令，苏亚辉，苏彩红编著 . —北京：机械工业出版社，2016.5
（电子与嵌入式系统设计丛书）

ISBN 978-7-111-53642-0

I. S… II. ①王… ②苏… ③苏… III. 微处理器 - 系统设计 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 086960 号

STM32 开发实战：LabVIEW 卷

出版发行：机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码：100037）
责任编辑：陈佳媛
责任校对：殷 虹
印 刷：北京市荣盛彩色印刷有限公司
版 次：2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
开 本：186mm × 240mm 1/16
印 张：33.75
书 号：ISBN 978-7-111-53642-0
定 价：89.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
客服热线：（010）88379426 88361066
购书热线：（010）68326294 88379649 68995259
投稿热线：（010）88379604
读者信箱：hzit@hzbook.com

前　言

想要深入了解美国国家仪器公司（NI）在嵌入式系统领域今后重点投入和发展的用户，可以参考 Dr.T（NI 公司创始人兼 CEO）撰写的《2012 年嵌入式系统展望》和《2013 年嵌入式系统展望》两篇文章（https://lumen.ni.com/nicif/zhs/infoembdsystrends/content.xhtml）。在 2012 年的文章里面，Dr.T 回顾了传统的嵌入式开发，介绍了 NI 公司现在的嵌入式开发架构，以及将来完美的解决方案。下面让我们先通过下表来看看 NI 公司都支持哪些具体的嵌入式硬件开发及其特点与优势。

表　NI 嵌入式硬件支持概况

嵌入式硬件	主流芯片	优点	缺点	NI 软件工具包
微控制器	8051、MSP430 单片机	低成本、体积小、易于编程	在高性能的应用中会力不从心	C Generator Toolkit
微处理器	ARM7、ARM9、M3、M4、M7	高时钟频率，可以完成高性能的应用，易于编程	高功耗、顺序处理结构	Embedded for ARM Toolkit
数字信号处理专用器件	DSP（ADI、TI）	支持硬件浮点计算，处理速度快	固有的顺序处理机制	Embedded for DSP Toolkit
通用计算处理器	CPU（Intel、AMD）	支持多核并行处理器机制，处理速度极快	高功耗、系统中必须有 CPU	Real-time Module
现场可编程门阵列	FPGA（Xilinx、Altera）	可以通过软件定义的高灵活性硬件，可重复编程的电路－固有的并行处理架构	成本高、功耗高	FPGA Module

从上表中可以看出，NI 公司支持的硬件非常广泛，基本上涵盖了所有种类（除 ASIC 外）的嵌入式通用芯片。其中对 ARM、FPGA 和 CPU 的支持持续更新；而单片机和 DSP 的更新则较慢，也很少在国内推广，仅限于高校使用；FPGA 的势头最猛，也是 NI 现在以及未来重点支持的五大方向之一；由于 ARM 内核的芯片近些年在移动市场占据了越来越多的份额，NI 公司也开始顺应潮流，开发出相应的工具包；DSP 这两年有被 FPGA 逐步取代的趋势，今后，NI 公司对 DSP 的支持度会逐年降低；CPU 在主频和多核领域有着无可替代的优势，因

此，NI 公司不会放弃它，产品具体体现在 PXI 平台和 cDAQ 机箱；而单片机性能相对较弱，NI 公司官方不会再支持。

图 1 显示的是 NI 公司的 LabVIEW 图形化软件所能支持的处理器和嵌入式操作系统的全部家族成员。

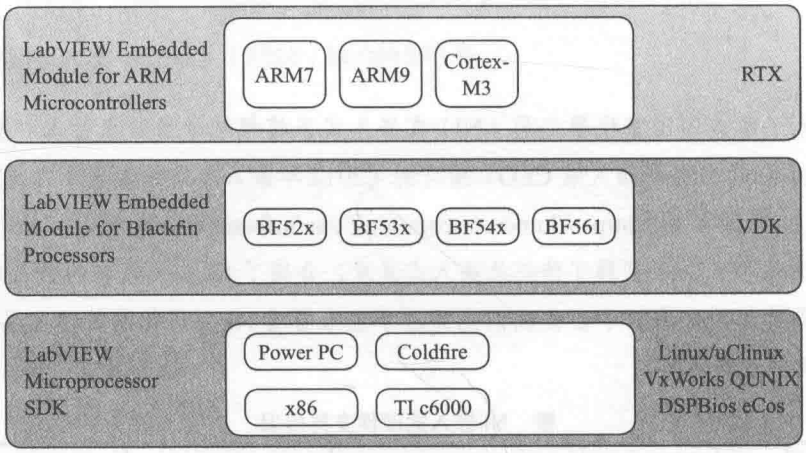


图 1　LabVIEW 支持的处理器和嵌入式操作系统家族成员

在国内，ARM7/ARM9 同样受到很多工程师的欢迎，这类 MCU 非常适合于 Windows CE 系统，因此，经作者对国内市场的分析，并结合 NI 的战略，计划推出 3 本有关 LabVIEW 嵌入式开发的书，本书就是其中之一。

本书重点介绍嵌入式家族中的 ARM Cortex-M3 成员，即如何利用 LabVIEW 图形化软件，帮助用户快速实现一个小型 ARM 嵌入式系统原型开发。

首先从 LabVIEW 这个闻名全球的图形化软件说起。提到 LabVIEW，相信很多工程师都不陌生，即使没有使用 LabVIEW 做过项目开发，或多或少也听说过 LabVIEW 的强大功能。对于想系统学习或者提高 LabVIEW 编程能力的学生和工程师，作者向大家推荐两本经典教材，分别是阮奇桢编著的《我和 LabVIEW》和陈树学编著的《LabVIEW 宝典》。

下面为大家简单介绍一下 LabVIEW。

LabVIEW 全称是 Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench，是由美国国家仪器公司（NI）于 1986 年发明的，最新的版本是 2015，以后的版本号均按年份命名，于每年的 8 月发布。NI 公司的 LabVIEW 之父 Jeff Kodosky 已经申请并获批 68 项 LabVIEW 专利。尽管 LabVIEW 还没有像 C 语言那样被 ISO 组织接受并认证，但它已经成为工业自动化和测试测量行业事实上的标准。

以 LabVIEW 为核心，配合不同行业的专用工具包，结合 NI 强大的硬件平台所构成的这

种“图形化设计”理念，已经快速渗透到各行各业，形成了一个完整的生态系统。尤其是在嵌入式应用、FPGA 设计、运动控制、图像处理、半导体测试、射频等领域，它将占据越来越多的市场份额。

图 2 显示的是 LabVIEW 针对各行各业的软件模块。

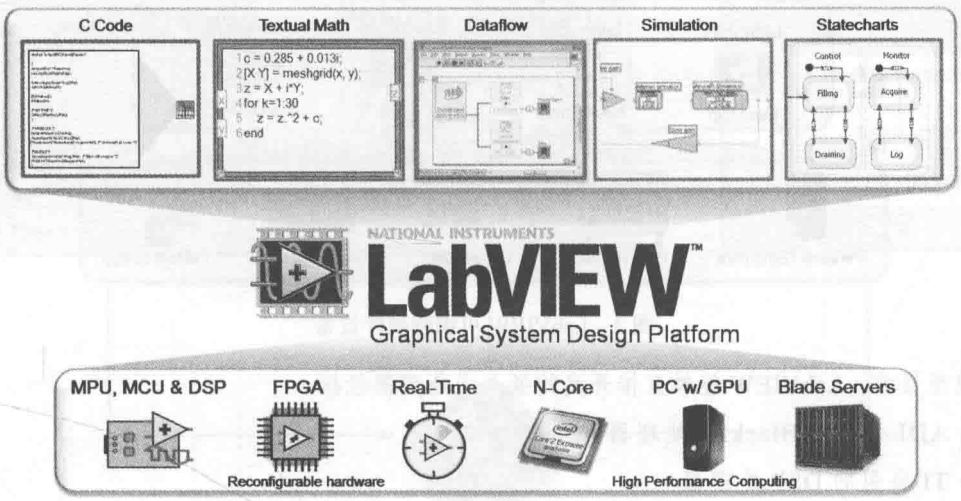


图 2　LabVIEW 所有软件模块

图 2 的上半部分展示上位机纯软件开发模块，具体说明如下：针对 C 语言编写的代码可以使用库函数节点来调用；针对 MATLAB 编写的算法可以使用 MathScript 节点来调用；针对 LabVIEW 自身则直接使用数据流思想进行编程；针对 Simulink 或者 HIL（硬件在环）可以使用 Simulation 模块来调用；针对工业自动化控制可以使用 Statecharts（状态图）模块来编程。

图 2 的下半部分展示下位机嵌入式软件开发模块，主要说明如下：针对 DSP/ARM 固件驱动开发可以使用 LabVIEW 嵌入式模块实现；针对 Xilinx FPGA 可以使用 NI FPGA 工具包进行开发；针对多核处理器可以使用 LabVIEW Real-Time 模块进行开发。

本书向大家介绍的正是 LabVIEW 在嵌入式领域中的应用。下面来了解一下 LabVIEW 在这个领域的嵌入式硬件产品。

图 3 显示的是 NI 公司针对嵌入式领域研发的一系列硬件设备，例如，LabVIEW Desktop 可以运行在 PC、笔记本电脑、工控机、PXI 控制器或者 cDAQ 机箱上；LabVIEW Real-Time 和 FPGA 模块可以用来开发 PXI 系统、cRIO、sbRIO，以及 MyRIO 等硬件设备；LabVIEW 嵌入式模块可以用来开发用户自定义功能的 DSP、ARM，或者可编程数据采集卡等硬件设备。

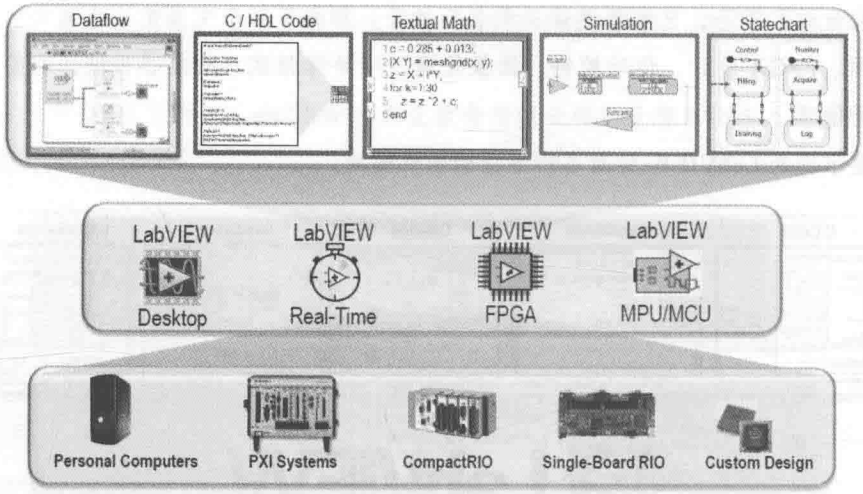


图 3　LabVIEW 可编程硬件设备

截至目前，LabVIEW 能够直接开发的嵌入式处理器包括：

- ADI 公司的 Blackfin 处理器。
- TI 公司的 DSP 处理器。
- ARM 公司的 ARM Cortex-M3、ARM7、ARM9 处理器。
- Xilinx 公司的 FPGA 处理器。

当然，除了以上这些种类的芯片外，LabVIEW 还支持任意一款 32 位 MCU 处理器，但是需要开发者具备非常丰富的软硬件知识和经验才能移植成功，工作量比较大。

LabVIEW 生成的 EXE 可以直接运行的嵌入式系统包括：

- Keil 公司的 RTX 实时操作系统。
- Lineo 公司的 uClinux 实时操作系统。
- RedHat 公司的 eCos 实时操作系统。
- Wind River System 公司的 VxWorks 实时操作系统。

当然，除了以上 4 类嵌入式操作系统外，LabVIEW 还可以运行于 Windows、Pharlap、UNIX、Linux 等操作系统。

本书重点向大家介绍如何利用 LabVIEW 快速、高效地开发可以运行于 ARM Cortex-M3 处理器上的应用程序。最近两年，ARM 内核的处理器在国内占据了越来越多的市场份额，这是因为这类微处理器在传统的中低端嵌入式领域有着非常高的性价比。目前应用最广的 ARM Cortex-M3 处理器又以意法半导体（ST）公司的 STM32F10x 和流明诺瑞公司（已被 TI 公司收购）的 LM3S8962 最为知名。因此，本书配套的实验平台选用的就是以 STM32 芯片

为核心而设计制作的学习板。

下面简单对比一下利用传统文本语言开发和利用 LabVIEW 图形化开发之间的差别，如图 4 所示。

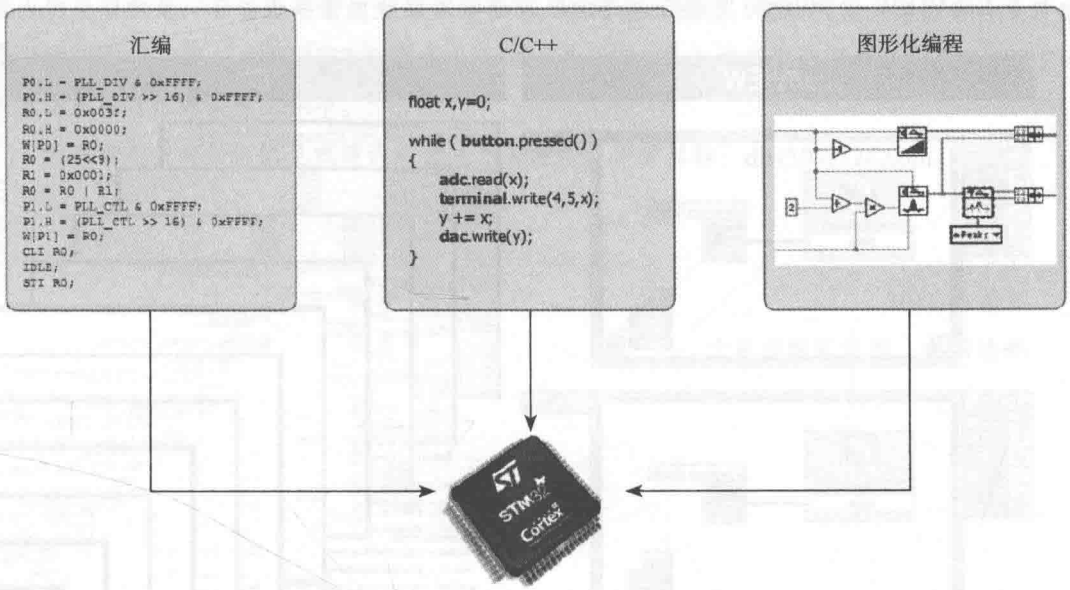


图 4　汇编语言、C/C++ 语言与第四代图形化编程语言之间的区别

从图 4 中读者或许感觉不到 LabVIEW 的优势所在，那么再来看看图 5 所显示内容，即如何在处理器和操作系统的基础上实现多线程编程。

从图 5 中应该可以明显地看出二者的优劣。对于使用 LabVIEW 的用户来说，在开发一个多线程多任务的程序时，只需要关注 LabVIEW 环境下的 while 循环结构和 case 条件结构，就能实现其所有的需求，并且 LabVIEW 支持前面板在线实时调试，无须再像传统开发方式那样通过串口打印、IDE 等工具来调试。这一切只要 LabVIEW 一个图形化软件就能轻松完成。

最后，设计嵌入式系统时选用 LabVIEW 的十大理由如下：

- 借助 LabVIEW 图形化设计环境，实现快速编程与部署。
- 重复使用传统嵌入式代码、C 语言库和官方汇编库。
- 借助内嵌实时操作系统，灵活应对严格实时需求。
- 借助内置调试、仿真和用户界面功能，实现快速原型开发。
- 集成数百种信号处理、数学分析、ARM 硬件驱动 VI。
- 不需要严格的计算机 C 语言训练，即可快速上手编程。

- 拥有丰富的实验例程和标准的范例模板程序。
- 确保软件投资收益，轻松部署硬件平台。
- 借助 LabVIEW 平台的通用性，灵活调用附加功能模块。
- LabVIEW 近 30 年的发展与改进，帮助全球工程师协作共进。

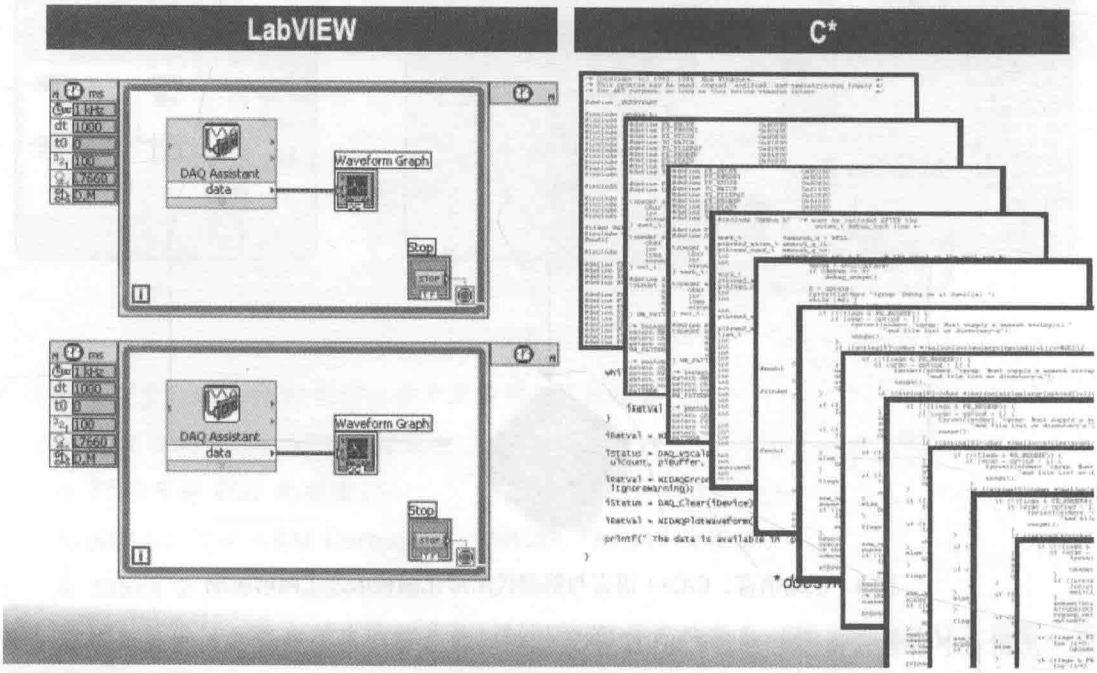


图 5　LabVIEW 与 C* 两种语言的多线程编程

本书的配套资料中包含开发实验平台（STM32 学习板）所有相关的原理图以及完整的 LabVIEW 程序源代码，每个驱动 VI 都有详细的帮助文档，所有范例程序框图都添加了详细的注释。读者只需要点击 VI 运行按钮，就可以直接将 LabVIEW 程序框图下载到 STM32 芯片中进行图形化在线调试，而无须通过串口等调试工具，因此，可以极大地简化开发过程，缩短调试周期，提高项目开发效率。

关于软件的说明如下：

1）本书涉及的所有开发软件、学习资料和视频教程均可以通过百度云盘免费下载和使用。云盘中的文件夹列表说明和具体的下载地址，请参考本书附录。

2）对于没有网络或者网速较慢的用户，可以购买本书配套的 U 盘（16GB），里面包含了本书配套的开发软件、学习资料和视频教程。需要购买的用户可以通过邮箱 dlw30@126.com 与作者联系，也可以直接在淘宝（https://shop123596343.taobao.com/?spm:2013.1.100126.2.

zifk17）进行选购。

作者是一名NI资深软件架构工程师（CLA），对于写作并不擅长，书中错漏之处还望大家指正。同时作者也是一名LabVIEW爱好者，作为全球LabVIEW爱好者大家庭中的一员，最大的愿望就是，希望大家通过对本书的学习，按照基本原理、实验例程、案例分析这种循序渐进的学习方式，由STM32初学者成长为一名ARM嵌入式开发工程师，并将LabVIEW技术运用在自己的实际工作中。

读者对本书有任何意见或建议欢迎与作者联系，作者邮箱：dlw30@126.com。

王电令

2016年4月

于美国国家仪器，中国总部

目　录

第1章
软 件 篇

设计开发一个嵌入式系统或产品，通常分为软件和硬件两个部分。如何选择一款优秀的嵌入式开发软件成为当前许多软件工程师不可回避的问题，市场上充斥着各种各样的IDE，各有各的优缺点，但是对于一个刚刚从事、没有任何嵌入式软件开发经验的工程师来说，从上手到熟练掌握成为他们的第一道门槛。

为此，很多年前NI公司就将其核心产品LabVIEW由Windows平台应用发展到嵌入式系统领域，在国外已经有很多工程师使用LabVIEW嵌入式工具包进行项目开发和产品研发。由于LabVIEW进入国内的时间相对比较晚，再加上软件本身的汉化等因素，导致使用LabVIEW在嵌入式开发领域知名度不高。本书的目的之一就是帮助大家学习如何应用LabVIEW从事嵌入式系统开发，提高大家的工作效率，使更多的工程师能够加入图形化系统设计的阵营中。

本章首先向大家介绍一下NI公司针对ARM处理器的嵌入式软件产品LabVIEW Embedded Module for ARM Microcontrollers，之后介绍一下Keil公司（现已被ARM公司收购）的RealView MDK IDE（RVMDK）软件与RTX实时操作系统。结合LabVIEW、RVMDK以及RTX这三者的优势，你会发现NI的这套软件架构具有非常高的开发与运行效率。本章还会介绍如何安装这些软件，以及安装过程中需要注意的地方。

1.1 LabVIEW ARM嵌入式模块介绍

LabVIEW Embedded Module for ARM Microcontrollers是NI LabVIEW嵌入式开发工具包之一，可为全球最热门的嵌入式32位精简指令集运算（RISC）微控制器（ARM处理器）提供图形化编程。其完整的开发环境适用于ARM7、ARM9和Cortex-M3微控制器。

该模块由NI和ARM公司联合开发，集成了Keil RealView MDK微控制器IDE和LabVIEW嵌入式技术开发工具包，能够向用户提供无缝即时的嵌入式编程体验。该模块还包含了快速创建应用程序所需的所有工具，可帮助用户快速完成从概念到投入生产的全套设计流程。具体功能如下：

- 集成调试