

DOI: 10.7667/PSPC151294

# 一种通用的可视化嵌入式应用开发平台的设计与实现

王旭宁, 郭晓宁, 陈玉峰, 方正, 王龙洋

(许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 目前可视化编程在嵌入式应用程序开发中的使用已经成为一种趋势, 提出了一种通用的可视化嵌入式应用开发平台。在本平台中通过图形化编程来开发应用程序, 使应用开发人员从繁琐的手工编写代码中解脱出来, 从而专注于业务逻辑的研究。同时本平台具有通用性, 不限定硬件平台, 不限定应用程序类型, 可灵活的扩展其支持的硬件平台和元件库, 从而可支持在各种硬件平台上开发各种业务类型的应用程序。最后通过一个过流保护应用实例来说明本平台开发嵌入式应用程序的流程。

**关键词:** 可视化; 通用; 嵌入式; 应用程序; 应用开发平台

## Design and implementation of a universal visual embedded application development platform

WANG Xuning, GUO Xiaoning, CHEN Yufeng, FANG Zheng, WANG Longyang  
(XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The visual programming in embedded application development has become a trend at present, this paper presents a universal visual embedded application development platform. Application developers can develop application through visual programming in the platform, which make them free from cumbersome manual coding, then they can focus on the research of business logic. At the same time, this platform is universal, it is neither restricted to hardware platform nor restricted to application type. As it can expand the supported hardware platform and component library flexibly, it can be used to develop application of various kinds of business types in various kinds of hardware platform. Finally, we demonstrate the development process of embedded application in this platform through an example of over-current protection.

**Key words:** visual; universal; embedded; application; application development platform

## 0 引言

随着计算机技术的发展, 嵌入式系统的应用越来越广泛, 同时对嵌入式系统的性能要求也越来越高。运用传统的嵌入式开发工具进行开发, 语句代码繁琐、界面不美观、调试麻烦、升级困难等不足愈发突出。利用可视化编程环境进行嵌入式应用开发, 不仅使程序界面美观和友好, 而且省时、省力、扩充性强<sup>[1-4]</sup>。目前很多厂家都开发有自己的可视化开发工具, 但大多针对某一硬件平台和某一领域<sup>[5-6]</sup>。比如许继的可视化逻辑设计工具, 只是针对NPU-800硬件平台开发继电保护程序, 其优点是目标明确, 可针对该平台做大量的业务积累, 进而缩短开发周期, 但缺点就是针对性太强, 如果更换其他的硬件平台或应用程序类型就不能使用。

本文提出了一种通用的可视化应用开发平台,

该平台具有美观友好的界面环境, 且不限定硬件平台和应用程序类型, 从编程、生成程序到仿真、调试和下载程序都可在该平台上完成, 应用开发人员不需要有很强的嵌入式系统开发知识和编程能力就能开发出高质量的应用程序。

## 1 可视化应用开发平台

平台采用数据流模型的体系结构, 提供交互方便的可视化编程界面, 用户从元件库中选取所需的可视化元件, 直接构造可视化应用实例, 把复杂、繁琐、费时的语言编程简化为一种通过定义和连接代表各种功能元件的图标来建立应用程序<sup>[7-9]</sup>。

### 1.1 平台结构

可视化应用开发平台的结构如图1所示, 每一个硬件平台都有一个平台库与其对应, 平台库提供对硬件平台的访问和控制的功能。所有平台库提供

统一的接口，应用逻辑和平台库相隔离，应用逻辑的搭建与具体平台无关，只需调用统一的平台接口即可。同时，平台提供丰富的与硬件平台无关的功能元件库供应用逻辑调用。在构建时只需选择相应的硬件平台就可以生成目标机对应的可执行程序，应用逻辑无需做任何修改就可以从一个硬件平台切换到另一个硬件平台。

在该可视化开发平台的结构下，只需添加相应的平台库即可自由扩展硬件平台，从而可开发不同业务领域的应用程序；与此同时，本平台可方便地将新的平台库集成到本平台中，也可以将使用本平台或其他开发工具开发的元件集成到本平台中。本平台结构下的硬件平台对开发人员透明，开发人员不需了解板卡的 CPU 架构、外围设备，也不需了解平台如何初始化寄存器，应用程序的启动流程等，只需通过拖选元件和连线的方式搭建自己的逻辑即可开发应用程序。

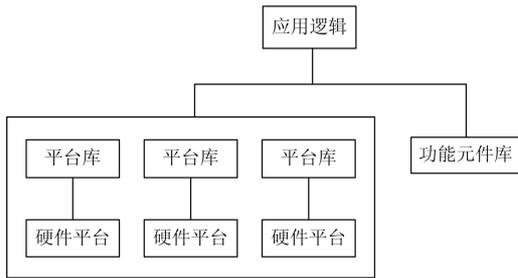


图 1 可视化应用开发平台结构图  
Fig. 1 Visual platform structure chart

### 1.2 平台功能

本可视化应用开发平台将应用程序开发人员从繁琐的代码编写中解脱出来，开发人员只要精于业务逻辑就能开发出高质量的应用程序，真正实现了开发可视化、平台通用化、平台透明化和平台开放化。该平台主要包括以下功能。

#### (1) 编写应用程序

平台提供了一个友好的操作环境，用户在可视化平台的编辑界面下，通过调用元件，然后根据相应的业务逻辑和算法，搭建应用逻辑，实现应用程序功能。

#### (2) 编写静态库

在用户编写应用程序的过程中，对“重复模块”需要抽离出来创建用户元件。对于有一定编程基础的人员来讲可以通过编写源代码来实现，对于编程基础较薄弱的用户来说，可以直接通过在本平台中图形化编程来搭建逻辑，生成静态库。生成的静态库可以集成到本平台中以扩展用户元件库，也可以

提供给源代码开发的工程调用。

#### (3) 逻辑检查功能

逻辑搭建完成后，可通过逻辑检查功能对已有逻辑进行元件输入未初始化、连线两端类型不匹配等进行检查，保证了逻辑的正确性，同时对数组越限等潜在的危险操作进行验证，保证程序正确稳定的运行。

#### (4) 程序下装功能

程序构建完成后，可通过平台将目标程序下装到目标板卡中。可根据实际情况来选择 bootloader 或 J-LINK 等方式烧写程序。

#### (5) 仿真功能

应用逻辑搭建完成后可将生成的代码编译成 PC 机上的可执行程序，并提供界面进行仿真，可通过仿真界面设置输入值并显示输出值及运行日志，验证程序功能。

#### (6) 调试功能

调试功能是对图形编程必需的验证手段，没有这个手段可视化编程就失去了应用的实际条件。在逻辑搭建完成后可通过本平台进行调试。

### 1.3 元件库

嵌入式应用程序的开发过程就是拖选元件，进行逻辑搭建的过程，在本平台中可用的元件包括以下几种。

#### (1) C 元件

C 语言中具备的基本功能元件，如条件执行模块、循环执行模块、与或门元件以及一些常用的功能函数元件。

#### (2) 通用元件

一些与硬件平台无关的元件，所有硬件平台都可使用，如傅氏计算元件、延时展宽元件等。

#### (3) 平台元件

与硬件平台相对应的平台库中的元件，如时钟定时器元件，以及一些外围设备操作元件等。

#### (4) 用户元件

应用程序的开发中，通过对业务逻辑进行研究，把常用的“重复模块”抽出，把这些功能相似的模块进行简化、统一化，形成用户元件，使之成为能适用于多个应用程序的元件。

## 2 应用程序开发模式

在本文设计的可视化应用开发平台下，嵌入式应用程序的开发流程如图 2 所示。

在嵌入式应用程序的开发过程中，通常在一个硬件平台上可能要开发很多应用程序，如果每个程

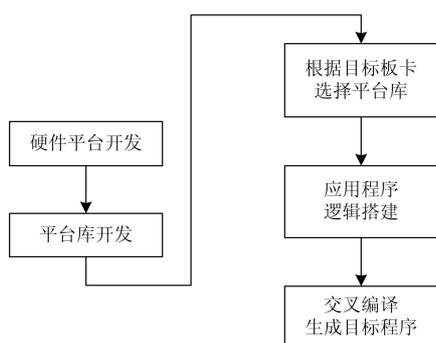


图 2 嵌入式应用程序开发流程

Fig. 2 Embedded application development process

序开发人员进行独立开发, 会造成平台库的重复开发, 而且平台库的开发水平也得不到有效保障<sup>[10]</sup>, 因此本平台将嵌入式应用程序的开发分为以下两个阶段。

### (1) 平台开发阶段

平台开发需要有很强的嵌入式开发能力, 交由专业的开发人员开发, 新增一个硬件平台时, 要根据其原理图和开发文档编写其平台库, 并按要求提供统一的接口。平台库必须经过严格测试, 保证其正确性和稳定性, 开发完成后提交给平台。

### (2) 应用开发阶段

应用程序由熟悉业务逻辑的人员进行开发。开发应用程序时首先根据目标板卡选择平台库, 然后根据应用程序的业务逻辑通过拖选元件和连线来进行业务逻辑的搭建, 逻辑搭建完成后就可以在平台上交叉编译生成目标程序, 将目标程序下载到目标板卡, 也可以在没有目标板卡的条件下对已搭建的逻辑在平台上进行仿真, 模拟输入和输出, 验证应用程序的正确性。

## 3 应用程序实现

该可视化应用开发平台使用 Qt 作为开发平台, 具有优良的跨平台特性和友好的用户界面, 其用户主界面如图 3 所示, 从应用程序工程的创建、逻辑搭建到构建、仿真、下载全部在该主界面中完成。

在本平台中, 项目管理区用于管理编辑的项目, 可对工程中的初始化、任务、功能单元、图形用户界面、全局变量等进行管理; 逻辑编辑区用于对在项目管理中打开的逻辑进行图形化编辑; 属性区用于对显示当前选择对象的属性进行显示和编辑, 如任务的属性、当前选择元件的属性等; 资源库显示当前可用的资源, 当进行逻辑设计时内容为可用的元件, 当进行用户图形界面设计时为可用的控件; 消息中心用于显示逻辑检查, 构建和操作过程中的

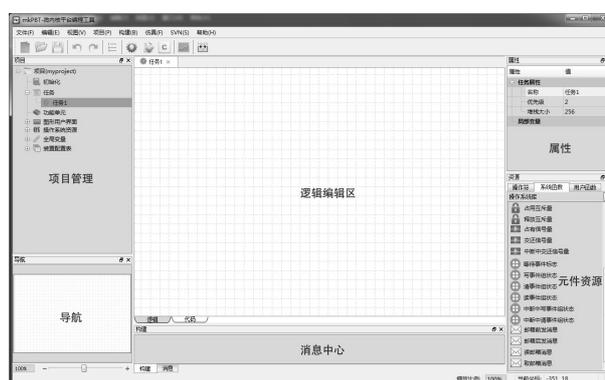


图 3 开发平台主界面

Fig. 3 Main interface of the development platform

信息提示, 对于逻辑检查可双击内容定位到中心编辑区的图形上; 导航用于对当前的逻辑编辑界面进行导航。

### 3.1 平台扩展

在本开发平台中有一个资源目录, 用于存放各硬件平台对应的平台库, 如果要使用本平台基于新的硬件平台开发应用程序, 首先要扩展平台库。平台库是由平台开发人员按照要求进行开发, 并按规定格式提供统一的接口, 开发完成后进行严格测试, 测试合格后按照开发平台规定的目录结构放入资源目录, 开发平台能够自动识别, 完成支持平台的扩展, 在新建工程时就能选择新的平台库, 工程创建完成后在元件库中显示该平台可用的元件, 项目管理中显示该平台的装置模型配置表, 这样就可以基于新的硬件平台开发嵌入式应用程序了。

### 3.2 平台切换

在实际应用中存在不同的硬件平台上运行同一套逻辑, 或者将一套逻辑从一个硬件平台移植到另一硬件平台的情况。在本开发平台中逻辑和硬件平台库相隔离, 且要求所有硬件平台库提供统一的接口, 所以可以实现逻辑不做任何改动的情况下目标硬件平台的自由切换, 轻松实现逻辑的移植。当然, 在平台进行切换时会对目标平台库进行一系列的检查, 如平台库目录是否正确、逻辑调用元件是否存在等, 保证平台切换后逻辑环境的正确性。

### 3.3 元件扩展

在应用程序的开发过程中, 对于重复使用的逻辑或算法, 可以将其提取出来制作成元件, 这样可以防止相同逻辑的重复编写, 也能简化应用程序的逻辑图, 降低开发难度。可使用本平台或常用的嵌入式开发工具将公用逻辑或算法开发成静态库, 并按规定格式要求编写其说明文件, 并放进平台库的指定目录下完成元件的扩展。同样, 扩展的元件也

要经过严格测试才能集成到平台库中去，以保障应用逻辑的正确性和稳定性。

### 3.4 应用程序开发

在主界面中通过拖选资源库中的元件到逻辑编辑区，使用连线关联数据和元件的引脚来实现应用程序的逻辑搭建，在应用程序逻辑搭建完成后，可以在中心绘图区查看已搭建逻辑对应的程序代码，使用此平台默认的交叉编译链对程序代码进行构建，生成在开发板运行的目标程序。

下面以一个低电压方向闭锁的过流保护为例来说明在该平台下应用程序的开发流程，实现步骤如下。

(1) 新建一个工程，根据硬件平台选择相应的平台库；

(2) 配置模入配置表，添加过流保护使用到的 A 相电流、B 相电流、C 相电流等数据，并对其属性进行设置，在后续的逻辑实现中如发现缺少某些数据或数据不正确时可进行添加或修改；

(3) 配置开出配置表、定值配置表和状态配置表等，添加过流保护动作、过流保护定值及延时、过流保护状态等数据，配置方法同模入配置表；

(4) 创建一个过流保护任务，在任务中创建多个组合模块，每个组合模块可完成一个独立功能，也可完成一个复杂的逻辑，如低电压闭锁逻辑、方向闭锁逻辑、过流保护逻辑等；

(5) 通过可视化编程来实现每个组合模块的功能，下面重点介绍过流保护逻辑，过流保护的逻辑图如图 4 所示。

低压开放逻辑为在没有 PT 异常情况下任意一



图 4 过流保护逻辑图

Fig. 4 Protection logic of over-current protection

个线电压低于低电压定值时动作开放保护，由 C 元件搭建完成。方向满足逻辑为在没有 PT 异常情况下方向满足时动作开放保护，可用已实现好的用户元件，功率方向继电器元件来完成。PT 异常告警逻辑为当 PT 异常退电压控制字投入且 PT 异常告警时动作。过流保护动作条件为：在满足低电压与方向开放保护或 PT 异常告警条件下，相电流大于电流定值且延时大于过流保护整定延时。根据逻辑图通过拖选元件和连线搭建出对应的可视化保护程序，如图 5 所示。逻辑搭建完成后，可由逻辑页面切换到代码页面查看自动生成的代码；

(6) 点击工具栏上的“构建”按钮，完成过流保护程序的构建，生成可直接在装置中运行的目标程序。

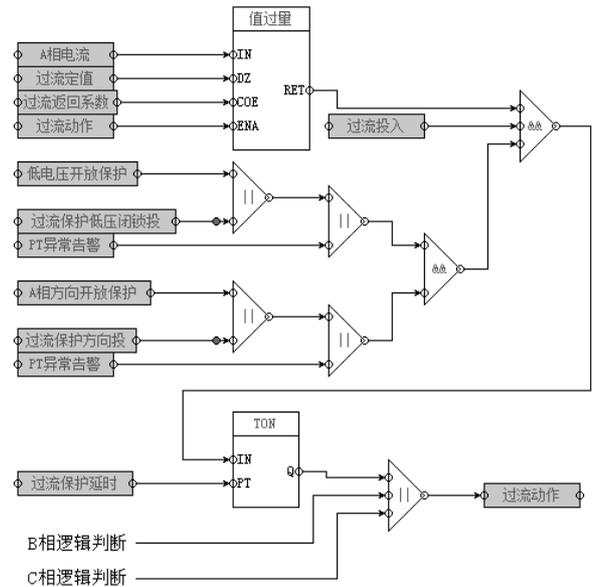


图 5 过流保护可视化程序图

Fig. 5 Visual program of over-current protection

## 4 结束语

在嵌入式应用开发中运用可视化编程对嵌入式行业的发展具有重要的意义。文中提出的可视化应用开发平台采用图形开发的方式而不是传统的代码编写，将程序开发人员从繁琐的代码编写中解脱出来，只需研究业务逻辑，根据业务逻辑拖动元件搭建逻辑图即可实现嵌入式应用的开发。同时，本平台具有通用性，不针对某一硬件平台和某一应用程序类型，可方便地扩展其支持的硬件平台和元件库。使用可视化编程编出来的程序可靠性得到大大的提高，同时还具有简单、灵活、可靠、稳定等诸多优点，不仅大大提高了工作效率，而且也可以取得显著的经济效益和社会效益，因此可以预见本平台在嵌入式应用开发中有着广泛的应用前景。

## 参考文献

- [1] 邓秋娥, 杜奇壮, 卢娟. 可视化编程在微机保护中的实现[J]. 继电器, 2008, 36(3): 1-4.  
DENG Qiue, DU Qizhuang, LU Juan. Implement of visual programming in microcomputer-based protection[J]. Relay, 2008, 36(3): 1-4.
- [2] 吕敏, 沙莎. 可视化编程数字图像处理平台的界面设计与实现[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(9): 211-213.  
LÜ Min, SHA Sha. Interface design and implementation of digital image processing platform[J]. Computer Systems & Applications, 2010, 19(9): 211-213.
- [3] 李金, 孙斌, 张静. 继电保护装置可视化编程反馈回路问题研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(21): 15-19.  
LI Jin, SUN Bin, ZHANG Jing. Research on the feedback loop diagram of graphic-oriented programming in relay protection[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(21): 15-19.
- [4] 周特军, 邱建, 王春艺, 等. 基于SVG的可视化技术在继电保护定值在线校核系统中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(16): 112-117.  
ZHOU Tejun, QIU Jian, WANG Chunyi, et al. Application of visualization technology based on SVG in on-line relay settings verification system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(16): 112-117.
- [5] 卢娟, 李兆成, 陈钢杰, 等. 保护与测控领域通用可视化平台的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(4): 58-61.  
LU Juan, LI Zhaocheng, CHEN Gangjie, et al. Design and implementation of a universal visual platform in protection and M&C fields[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(4): 58-61.
- [6] 黄继东, 周晓龙, 马和科, 等. 基于VLD开发的超高压微机母线保护[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(7): 97-101.  
HUANG Jidong, ZHOU Xiaolong, MA Heke, et al. LD-based EHV microcomputer busbar protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(7): 97-101.
- [7] 冯亚东, 陈宏君, 刘克金, 等. 一种可视化图形程序拓扑排序方法: 中国, 2013101013235[P]. 2013-07-17.  
FENG Yadong, CHEN Hongjun, LIU Kejin, et al. A sorting method of visualization graphics programs: China, 2013101013235[P]. 2013-07-17.
- [8] 杨德尚, 袁荣湘, 李启旺, 等. 可视化黑启动决策支持软件开发研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(5): 97-101.  
YANG Deshang, YUAN Rongxiang, LI Qiwang, et al. Development and research of visual software for black-start decision support system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(5): 97-101.
- [9] 余存, 黄利军, 黄浩然, 等. 基于UML状态图和Qt状态机框架的IEC104规约的分析与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(15): 118-125.  
YU Cun, HUANG Lijun, HUANG Haoran, et al. Analysis and implementation of IEC 104 based on UML statechart and Qt state machine framework[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(15): 118-125.
- [10] 郭玮, 田录林, 张永良, 等. 基于嵌入式PLC软核的通用保护平台设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(16): 122-126.  
GUO Wei, TIAN Lulin, ZHANG Yongliang, et al. Design and implement of protection platform based on embedded PLC soft-core[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(16): 122-126.

收稿日期: 2015-07-27; 修回日期: 2015-10-13

作者简介:

王旭宁(1984-), 男, 硕士研究生, 工程师, 从事电力系统自动化领域的研究与开发工作; E-mail: wangxuning@xjgc.com

郭晓宁(1984-), 女, 硕士研究生, 工程师, 从事继电保护产品研发工作; E-mail: guoxiaoning@xjgc.com

陈玉峰(1975-), 男, 本科, 工程师, 从事电力系统自动化领域的研究与开发工作。E-mail: yufengch@xjgc.com

(编辑 姜新丽)