

基于 VxWorks 的 PDFlib 库文件研究与应用

高照玲¹, 王伟¹, 周浩尚^{2,3}

(1.大连东软信息学院 智能与电子工程学院, 辽宁 大连 116023;

2.动车组和机车牵引与控制国家重点实验室, 辽宁 大连 116052;

3.中车大连电力牵引研发中心有限公司, 辽宁 大连 116052)

摘要: 在自动化测试中, 为了避免人为修改测试报告, 采用直接生成 PDF 文件的方式是一种最优选择。基于此项要求, 研究了 PDFlib 库在嵌入式系统 VxWorks 下生成 PDF 文档的方法, 并在一个实际例子中进行了应用测试, 结果表明该研究在进行自动化测试并生成 PDF 报告文件时确实可以提供一种切实可行的方法。

关键词: 测试控制单元; VxWorks653; PDFlib; 自动化测试

中图分类号: TP393.1

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.191350

中文引用格式: 高照玲, 王伟, 周浩尚. 基于 VxWorks 的 PDFlib 库文件研究与应用[J]. 电子技术应用, 2020, 46(6): 97-100.

英文引用格式: Gao Zhaoling, Wang Wei, Zhou Haoshang. Research and application of PDFlib library files based on VxWorks[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(6): 97-100.

Research and application of PDFlib library files based on VxWorks

Gao Zhaoling¹, Wang Wei¹, Zhou Haoshang^{2,3}

(1.School of Intelligence and Electronic Engineering, Dalian Neusoft University of Information, Dalian 116023, China;

2.State Key Laboratory for Traction and Control System of EMU and Locomotive, Dalian 116052, China;

3.CRRC Dalian R&D CO., LTD., Dalian 116052, China)

Abstract: In automated testing, in order to avoid modifying test reports artificially, it is an optimal choice to generate PDF files directly. Based on this requirement, it studies the method of PDF document generation by PDFlib library under embedded system VxWorks, and carries out an application test in a practical example in this paper. The results show that this research can provide a practical method in automatic test and PDF report file generation.

Key words: test control unit; VxWorks653; PDFlib; automated testing

0 引言

VxWorks 操作系统是一款非常优秀的嵌入式系统, 它具有非常出色的可持续性、可裁剪的高性能微内核、顶级的实时性能, 还具有一流的可靠性以及用户界面良好的一体化集成开发环境, 用户无需专门学习即可开发应用, 方便快捷^[1]。该操作系统在嵌入式应用领域范围之广, 支持处理器种类之多, 无出其右, 小到家用机顶盒、路由器, 中到商用中继器、基站, 大到航空航天火星登陆器等, 依靠其绝对可靠的实时性能确保系统快速响应。实时性是指在最快的时间内执行完成相应的代码, 满足预期的功能, 并且可以在最快的时间内响应外部请求或异常^[2]。

作为一类应用比较多的电子文档, PDF 独立于创建它的应用软件、硬件、操作系统、显示或输出设备, 可有效保留原始文档的外观和完整性, 还具有跨平台、自由共享特点, 被广泛应用于电子文档的信息存储与传递^[3-5]。

PDFlib 是德国 PDFlib 有限公司的一款产品, 是业界领先的 PDF 文档生成和操作的工具箱。其主要应用于在网络服务器等系统上动态创建 PDF 文档, 并在现有应用程序中实现。PDFlib 产品可以从数据库内容动态创建 PDF 文档, 类似于动态网页, 也可以部署在服务器系统、桌面系统以及移动和嵌入式设备上, 这些已经在许多用例中得到了证明。应用程序程序员只需要良好的图形或打印输出经验就可以快速高效地使用 PDFlib, 所以可以将使用者从 PDF 文件格式的技术性中解放出来, 集中精力获取数据, 并在页面上排列文本、图形和图像^[6]。

1 软硬件环境

测试控制单元(Test Control Unit, TCU)是为了满足动车组出厂前测试网络控制系统部分而专门研发的设备, 负责核查整个车辆的网络通信和车辆运行控制通信等功能, 其主控制板部分是低功率嵌入式 PC/104 型工业计算机 104-1645 CLDN-(24B)板。板载 AMD LX800 CPU、

嵌入式技术 Embedded Technology

256 MB DDR、一个 PC/104 扩展接口、一个 10/100 Mb/s 自适应网络端口、一个 IDE 接口、两个串口及 USB2.0 接口等^[7]。由于其丰富的板载资源,多样的接口环境,在实验中被选择为设备硬件测试平台。

在本设计中软件部分采用上述基于 X86 硬件平台的 VxWorks 操作系统,底层软件部分进行 IO 分区映射管理、内存管理、任务调度,应用层软件部分通过运行相关任务的方式完成和上位机的通信、MVB 数据的收发、PLC 控制任务、OpenPCS 在线监视变量、生成测试报告等^[8]。本文将研究基于该系统平台下采用 PDFlib 库将自动化测试结果生成 PDF 文档格式报告的一种方法。

PDFlib 支持所有国际语言和 Unicode 编码,也支持日语、中文和韩语等编码格式;特殊订制的 PDFlib 配置 Mini Edition(ME)可用于嵌入式设备内存不足的情况下,通过删除移动和嵌入式系统通常不需要的一些功能(例如 Pantone 和 HKS 专色名称和值数据库),从而减少了对内存的需求。比如在某一个典型的场景中,PDFlib 迷你版将库的大小从大约 5 MB 减少到了小于 2 MB,使用自定义配置也可以进一步降低内存需求,即可以从库中删除对某个不需要的功能的支持,自由灵活。PDFlib 库是由 C 语言编译完成的,所以支持应用于各种嵌入式操作系统,通常用于工业环境和消费系统的供应商中,从工业和测量设备到诸如路由器和 PBX 等通信设备。

2 PDFlib 编程使用规则

2.1 数据类型

PDFlib 库函数用在面向对象的语言中时,其名称中不包含 PDF_ 前缀;应用到其他语言时,在调用时所有名称都包含 PDF_ 前缀。此外,前者将 PDF 文件处理过程进行了隐藏,只需要正常在语言包装程序中创建对象即可。相反,必须提供 PDF 文件处理过程参数作为后者所有函数的第一个参数^[9]。

表 1 简要说明了目前开发者常用语言中 PDF 文档类型以及字符串类型。由于从这些语言中可以明显看出相应的数据类型,因此并没有全部提及其他数据类型,如整数、长整数和双精度型数据等。

2.2 选项列表

表 1 各语言中的数据类型

语言	p 参数	PDF_ 前缀	字符(串)	二进制数据
C	是	是	const char*	const char*
C++	否	否	string	char*
Cobol	是	否	STRING	STRING
Java	否	否	字符串	byte[]
PHP 等	是	是	字符串	字符串

函数调用时强大、简便的选项列表控制同样适用于 PDFlib API 函数调用,其多数 API 方法均支持选项列表,而不需要大量的函数参数。这些选项列表中既可以是字符串,也可以包含任意数量的选项,亦支持各种数据

类型、数组等复合数据,所以在大多数语言中,构建选项列表时可简便地通过连接所需关键字和值进行。例如,某 C 语言程序员可以通过使用 sprintf() 函数来构建选项列表。

选项列表语法是一个使用括号括起来的字符串,一般包含一个或多个关键字或值对,可以使用任意空白字符(例如空格、制表符、回车符、换行符等)或使用“=”分隔的关键字和值以及多个关键字或值对。另外,还可用“=”隔离关键字和值,但如果相应值是个包含空白字符或等号的字符串,则必须用括号将该字符串括起来。选项列表包含多个选项时将由左至右计算,因此可以在同一列表内多次使用同一选项,但最后一次出现的选项将会覆盖前面的选项。

以下继续对选项列表支持的数据类型进行详细的讨论。

简单值:可直接使用的参数,包括布尔型、字符串、内容/超文本/名称字符串、单字符、关键字、浮点型、整型、句柄等。

(1)布尔型:true 或 false;如果省略布尔选项的值,则缺省值为 true。作为简略表示法,可使用 noname 替代 name=false。

(2)字符串:这些是 ASCII 纯文本字符串,一般不用于中文的关键字中,当包含空白字符或“=”的字符串时必须用“{}”括起来,亦可以使用 {} 构建空字符串。同 C 语言一样,如果字符“{}”本身是字符串的一部分,则必须在其前面添加“\”字符。

(3)内容、超文本和名称等字符串:这些字符串可以容纳各种格式的 Unicode 内容。

(4)单字符:即单个的 Unicode 值,可支持多种语法类型:十进制数值(例如 173),带 x、X、0x、0X 或 U+ 前缀的十六进制数值(xAD、0xAD、U+00AD)等。

(5)浮点型和整型:十进制浮点小数或整数;浮点数的小数分隔符可以使用小数点和逗号;整型类型可以以 x、X、0x 或 0X 开头,即编译时说明该数据为十六进制值。

(6)句柄:包括各种类型的对象句柄,例如:字体、图像或动作句柄。

复合值:列表、矩形、动作列表、色彩等。

在使用列表类型的选项时,要求必须用大括号将该列表括起来作为和外界的分隔,其中的列表元素也必须使用空白字符分隔。如果选项列表包含多个关键字或值对,则需确保在左大括号前和右大括号后插入空白字符(也可以在选项名称和左大括号之间使用等号)。同样某些列表类型的选项也接受 option list 或 list of option lists 类型嵌套。两者的主要区别是:option list 类型的选项可以包含一个或多个从属选项;list of option lists 类型的选项可以包含一个或多个嵌套选项列表。

(1)列表值:列表值由用“{}”括起来的多个值组成,可以是简单值,也可以是依次排列的列表值。

嵌入式技术 Embedded Technology

(2)矩形:矩形是用包含四个浮点数的列表指定了矩形左下角和右上角的坐标。

(3)动作列表:动作列表可指定一个或多个动作。列表中的每一项均包括一个事件关键字和一个必须用 PDF_create_action() 创建动作句柄列表;各个动作执行顺序将由列表顺序决定。

(4)色彩:色彩选项列表一般包含色彩空间关键字和一些表示色彩范围的不同数量的浮点值。色彩空间关键字等同于 PDF_setcolor()。

2.3 函数范围

同其他函数一样,应用 PDFlib 库时也应当遵守某些结构规则,比如若准备关闭某个文档时,显然必须检查是否先打开了它。PDFlib 库中的 API 函数几乎是完全仿照文档/页生成范例,所以通常用默认方式生成文档时即可得到标准格式的 PDF 文档。

PDFlib API 函数调用顺序需要严格遵守范围界定系统,范围定义可以在表 2 中找到,它指定了每个函数的允许范围。图 1 说明了范围的嵌套,若在超出允许范围外调用函数就会引发 PDFlib 异常报错。

表 2 函数范围定义

范围名称	定义
path	由 PDF_moveto()、PDF_circle()、PDF_arc()、PDF_arcn() 或 PDF_rect() 中的一个函数开始;遇到“路径绘制和剪切”中的任意函数时终止
page	在 PDF_begin_page() 和 PDF_end_page() 之间,但在 path 范围之外
template	在 PDF_begin_template_ext() 和 PDF_end_template() 之间,但在 path 范围之外
pattern	在 PDF_begin_pattern() 和 PDF_end_pattern() 之间,但在 path 范围之外
font	在 PDF_begin_font() 和 PDF_end_font() 之间,但在 glyph 范围之外
glyph	在 PDF_begin_glyph() 和 PDF_end_glyph() 之间,但在 path 范围之外
document	在 PDF_begin_document() 和 PDF_end_document() 之间,但在 page、template、pattern 和 font 范围之外
object	在面向对象的语言中:pdfobj 对象的生存期,但在 document 范围之外;在其他语言中,在 PDF_new() 和 PDF_delete() 之间,但在 document 范围之外。

3 PDFlib 编程实例

本节将以某个实际的应用为参考探索 PDFlib 的使用方法。

在程序起始部分,除了一些变量定义外,首先需要创建一个新的 PDFlib 对象:

```
/* 创建一个新的 PDFlib 对象 */
if((p=PDF_new())==(PDF*)0)
{
    printf("Cannot create PDFlib object! \n");
}
```

《电子技术应用》2020年 第46卷 第6期

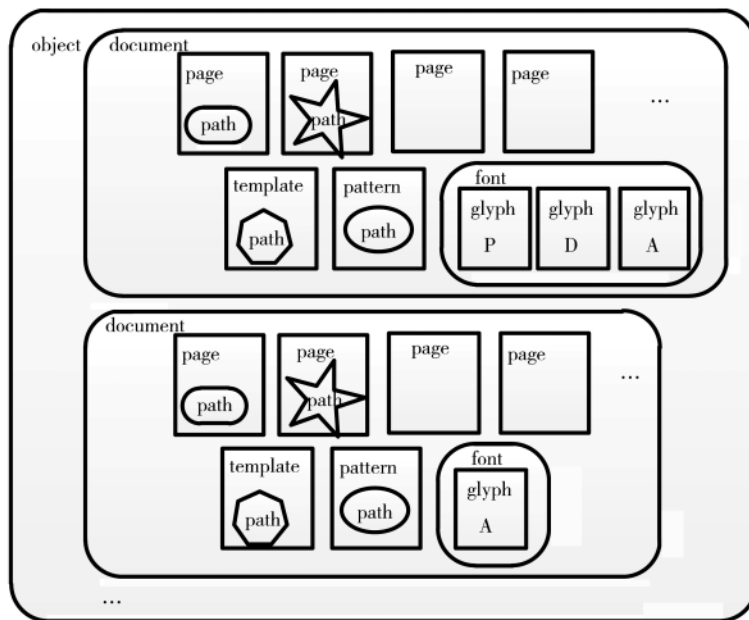


图 1 范围的嵌套

其次,设置 PDF 文档的属性参数:格式、文档名称、标题、作者等。

```
PDF_TRY(p)
{
    /* 设置文档产生错误时的处理方式:直接从 lib 函数中
    返回 */
    PDF_set_parameter(p,"errorpolicy","return");
    if (PDF_begin_document (p,"ata0a/csv/测试报告.pdf",
    0,"")== -1) /* 文档路径及名称 */
    {
        printf("Error:%s\n",PDF_get_errmsg(p));
    }
}
```

再次,设置文档内每一页的大小、字体等,本例中设置了两种字体输出。

```
/* 第 1 页 */
PDF_begin_page_ext(p,a4_height,a4_width,"");
/* 更改文档字体编码格式 */
font=PDF_load_font(p,"Times-Roman",0,"host","");
if(font== -1)
{
    printf("Error:%s\n",PDF_get_errmsg(p));
    PDF_delete(p);
}
font_ch=PDF_load_font (p,"STSong-Light",0,"GB-EUC-H","");
if(font== -1)
{
    printf("Error: %s\n",PDF_get_errmsg(p));
    PDF_delete(p);
}
PDF_save(p);
```

嵌入式技术 Embedded Technology

最后,保存好该页面后就可以开始按照需要增加文字、图表、图片等信息了。

```
PDF_set_text_pos(p,50,570); /* 该位置以左下角为原点
                                的二维坐标平面 */
PDF_setfont(p,font_ch,12);
PDF_continue_text(p,"序号,项点,测试子项,测试结果,
故障原因");
for(i=0;i<42;i++) /* 循环输出文字 */
{……}
PDF_end_page_ext(p,"");/* 每页结束需要调用该函数 */
/* 第 2 页 */
PDF_begin_page_ext(p,a4_height,a4_width,"");
PDF_save(p);
PDF_set_text_pos(p,50,570);
PDF_setfont(p,font_ch,12);
for(i=42;i<86;i++) /* 循环输出文字 */
{……}
PDF_continue_text (p," 测试人:_____ 复核:_____ 主
管:_____");
PDF_continue_text (p," 日期:_____ 日期:_____ 日期:
_____");
PDF_restore(p);
PDF_end_page_ext(p,"");
PDF_end_document (p,"");/* 文档结束需要调用该函数
*/
}
PDF_CATCH(p)
{
printf("PDFlib exception occurred in document:\n");
printf("[%d] %s: %s\n",
PDF_get_errnum (p),PDF_get_apiname (p),PDF_get_errmsg
(p));
PDF_delete(p);
}
PDF_delete(p);
```

在 PDFlib 库中,API 函数除了在上述事例中出现的常规处理、字体修改、文本控制等函数外,还包含相当数量的文本格式化输出、表格格式化输出、颜色设置、图形载入、块填充、人机交互、多媒体应用及文档信息处理等

函数。限于篇幅,不一一详述,一般所有在 PC 上可用的功能在嵌入式系统上都可实现。

4 结论

经过在实验室多次测试验证及在某工厂对动力车出厂前测试,在符合 PDFlib 库编程规则的要求下,PDFlib 库文件 API 函数确实可以满足应用到自动化测试时生成 PDF 版文件报告的功能需求。由于 PDFlib 库内容丰富、功能强大,本设计只是从文字处理方面进行了初步测试,PDFlib 库在其他嵌入式环境及图片、表格、多媒体应用等方面待后来者探索、开发、研究、应用。

参考文献

- [1] 周贤来.嵌入式系统的分类及特点[J].中国信息化,2013(8):79.
- [2] 解建伟,赖前程,曹成军,等.VxWorks 自定义动态系统调用的应用[J].计算机应用与软件,2017,34(2):242-245,266.
- [3] 朱玲玉.PDF 文档解析与内容脱敏技术研究[D].成都:西南交通大学,2015.
- [4] 余佳铭.基于 VxWorks 的 MUPDF 库文件移植及接口封装[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [5] 孙本阳,王轶骏,薛质.一种改进的恶意 PDF 文档静态检测方案[J].计算机应用与软件,2016,33(3):308-309.
- [6] PDFlib GmbH.PDFlib products for mobile and embedded systems[S].Franziska-Bilek-Weg 9,80339 Munchen, Germany,2016:2-3.
- [7] 周浩尚,张立斌,高照玲.基于 MVB 和 TRDP 的列车主控双网冗余设计与实现[J].机车电传动,2018(5):74-76.
- [8] 周浩尚,高照玲.VxWorks 下 TRDP 协议栈移植[J].电子技术应用,2018,44(10):56-57.
- [9] PDFlib GmbH.A library for generating PDF on the fly PDFlib 9.2.0[S].Franziska-Bilek-Weg 9,80339 Munchen, Germany,2018:2-19.

(收稿日期:2019-12-10)

作者简介:

高照玲(1982-),女,硕士,讲师,主要研究方向:嵌入式技术应用。

王伟(1982-),女,硕士,副教授,主要研究方向:嵌入式技术应用。

周浩尚(1984-),男,硕士,工程师,主要研究方向:嵌入式系统平台研发与应用。

(上接第 92 页)

- [17] Deng Xinyang, Liu Qi, Deng Yong, et al. An improved method to construct basic probability assignment based on the confusion matrix for classification problem[J]. Information Sciences, 2016: 340-341.

(收稿日期:2019-12-26)

作者简介:

周涛(1993-),男,硕士,主要研究方向:射频电路、天线设计、电磁干扰、数据处理。

朱峰(1963-),通信作者,男,博士,教授,主要研究方向:牵引供电系统以及电力电子装置电磁兼容设计、电磁干扰排查以及电磁兼容测试系统集成等。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所