

# 基于 Qt 的电脑横机上位机系统

朱耀麟, 刘慧琳

(西安工程大学 电子信息学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 电脑横机是自动化程度较高的机电一体化纺织机械, 随着电脑控制的针织机械的普及, 人们对高性能的电脑横机的需求越来越大。电脑横机控制系统分为上位机与下位机, 为了实现电脑横机上位机与下位机的信号快速处理以及获得更加人性化的人机交互, 引入一种基于 Qt 的电脑横机上位机系统。采用处理器 ARM9 S3C2416 及扩展电路作为横机上位机系统的硬件载体, 将嵌入式 Linux 作为控制器软件操作平台, 通过 GPIO 口模拟总线的方式, 实现上位机与下位机的通信。通过分析横机需求以及系统的实现方式, 从嵌入式系统的实际性能出发, 采用 Qt 开发人机交互界面, 实现数据处理和显示, 最终实现编织功能。与传统的横机上位机系统相比, 功能更强, 实时性更好, 软件界面更加人性化。

**关键词:** Qt; 电脑横机; 上位机; 嵌入式系统; Linux

**中图分类号:** TP302

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2017)04-0200-05

**doi:** 10. 3969/j. issn. 1673-629X. 2017. 04. 045

## Host System of Computer Flat Knitting Machine with Qt

ZHU Yao-lin, LIU Hui-lin

(School of Electrics and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Computer flat knitting machine is a high degree of automation of mechanical and electrical integration of textile machinery. With the popularity of computer control of knitting machinery, the high performance of computer flat knitting machine is needed more and more. Computer flat knitting machine control system is divided into host computer and slave computer. In order to achieve the rapid signal processing of computer flat knitting machine between upper machine and lower machine as well as more humanized human-computer interaction, a computerized flat knitting machine computer system based on Qt is introduced. It uses processor of ARM9 S3C2416 and extension circuit as the hardware carrier of flat knitting upper machine system, taking the embedded Linux as the controller software platform to realize the communication of upper machine and lower machine through simulating the bus by the GPIO port. By means of analyzing the demand of flat knitting machine and the way of the realization of the system, Qt development of human-computer interaction interface is used by stating from the actual performance of the embedded system, which has realized data processing and display, as well as the function of weaving finally. Compared with the traditional flat knitting machine system, the function of this system is stronger with better real-time performance and more humanized software interface.

**Key words:** Qt; computer flat knitting; upper machine; embedded system; Linux

## 0 引言

电脑横机是一种由电脑控制的, 高自动化纬编针织机械, 主要用于服装和工艺产品的编织制造<sup>[1-3]</sup>。目前, 国内企业在电脑横机方面还处于不断消化和吸收的状态<sup>[4]</sup>。国外电脑横机方面, 日本岛精和德国斯托尔占据了大部分的市场份额<sup>[5]</sup>。对于国内的一些毛衫生产厂家来说, 进口横机成本太贵。国产的中低端横机人机交互界面非常简单, 操作不便, 人性化低。

针对 ARM9 和 FPGA 共同组成的硬件控制平台, 进行了上位机系统的设计, 如何协调处理上位机与下位机之间的众多信号以及方便实用的人性化图形界面是系统设计过程中的两大难点。从需求分析出发进行了系统的总体设计, 并详细讲述了上述两大难点问题的解决办法。采用 GPIO 口模拟总线的方式实现上位机与下位机的通信, 在 Linux 系统的基础上搭建了开发环境, 然后使用 Qt/E 进行了用户层图形界面的开

收稿日期: 2016-04-22

修回日期: 2016-08-11

网络出版时间: 2017-02-17

基金项目: 国际科技合作与交流计划(2016kw-043)

作者简介: 朱耀麟(1977-), 男, 博士(后), 副教授, 硕士生导师, 研究方向为嵌入式系统及应用、信号与信息处理; 刘慧琳(1991-), 女, 研究生, 研究方向为电脑横机系统设计及应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170217.1630.044.html>

发。与同类产品相比,更加稳定且可移植性好,具有较高的实用价值。

## 1 需求分析及总体设计

为达到编织效果,满足用户需求,系统具有以下功能:

(1)初始化功能。在横机开机时,可以将各个设备进行初始化。将摇床起、底板回零,机头三角处于编织状态,选针器压下,导纱器、电磁阀收起。

(2)信号处理功能。实时接收由底层传感器传来的信号,控制电磁铁、电动机工作以及报警处理。

(3)花型文件解析功能。用户通过 USB 接口读入花型文件系统,由系统进行解析,并生成底层设备可以识别的一系列动作。

(4)人性化的图形界面。将各个模块的信号输入输出详细地显示在界面上,以便于用户操作。

经过分析,系统采用上位机和下位机的二级控制结构<sup>[6]</sup>。工作人员通过 USB 接口将格式为 CNT 或 PAT 的花型准备文件读入到 ARM9 控制器,经过上位机软件的解析识别,并将解析过的数据通过总线经由 FPGA 层传递到执行设备,与此同时,上位机系统将接收到的传感器信号显示在用户界面上。

硬件部分主要采用一片 32 位的 ARM9 S3C2416 作为主控芯片,其运行主频一般为 400 MHz<sup>[7]</sup>,实时操作速度快,且提供丰富的系统外设,大大降低了系统成本。上位机硬件系统的设计采用模块化集成的方法,包括触摸屏模块、LCD 模块、以太网模块、串口模块、JTAG 模块、USB 模块及 FPGA 模块,如图 1 所示。

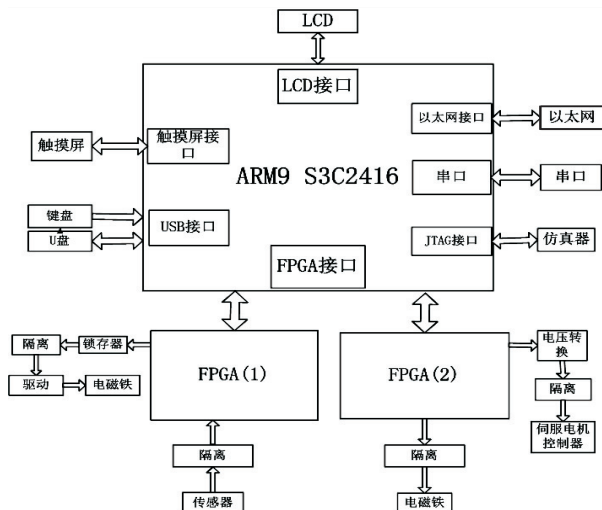


图1 上位机硬件系统

## 2 编织功能实现

横机开机后,首先加载 I/O 驱动模块,然后进行相应硬件设备的初始化,并读取花型准备文件,进入主控

界面,用户进行相应的设置后即可进行编织,主要功能实现如下:

### 2.1 开机初始化

系统上电之后,在进入主控制程序之前,需要进行将摇床起、底板回零,机头三角处于编织状态,选针器压下,导纱器、电磁阀收起等一系列的初始化,流程如图 2 所示。

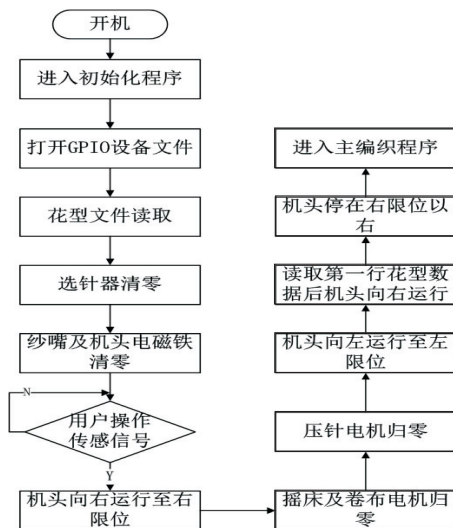


图2 初始化流程

进入初始化程序之后,打开 GPIO 设备文件,读取 U 盘中的花型文件并将所读数据保存于数组中,将选针器、纱嘴及机头电磁铁清零后检查是否有用户输入操作,若有,则启动电动机,带动机床向右移动,通过读取机头右侧传感器信号,判断机头是否到达右限位,若是,则将摇床、卷布、压针电机清零,随后启动机头向左移动并开始计数,到达左限位计数 1 000,中间位置计数 500。最后读取花型文件第一行数据,机头向右运行至超过右限位停止,至此进入主编织程序。

### 2.2 花型文件解析

作为原始输入,系统通过解析花型文件获取数据,并调用设备控制函数进行控制<sup>[8]</sup>。文件中包括机头速度、移床针数、密度、组织纱嘴数据。每个花型文件的第一行前四个字节分别为花型的宽度和高度,第二行以及第一行的剩余部分为加密部分,只有密码吻合才能读取。系统每编织一行都要读取控制数据和纱嘴数据,控制数据设置 24 个字节(B1 ~ B24),定义如图 3 所示。组织纱嘴数据的长度由花型宽度决定,之后便是下一行的控制数据,如此反复直到结束。

### 2.3 上位机与下位机的通信

ARM9 控制器与 FPGA 之间的传输采用 I/O 口模拟总线的方式,其帧结构定义如图 4 所示:bit[7..0]与 bit[12..8]分别定义为数据存储位 SD[7..0]和地址存储位 SA[4..0],bit[14..13]存储片选 cs[1..0],bit[16..15]存储中断 nInt[1..0],bit[29..10]存储实

B5	机头运行速度, 数字越大, 速度越慢
B7	前针床压针密度
B8	后针床压针密度
B10	集圈标志位, 1 代表有集圈, 否则无
B11	移圈标志位, 1 代表前移后, 2 为后移前, 3 为前后对移
B15	后针床的绝对位置
B16	移床方向, 1 为后针床右移, 2 为后针床左移
B17	移床整针数, 1 为移 1 针, 2 为移 2 针, 最大到 12
B18	移床非整针数, 1 为移 1/2 针, 2 为移 1/3 针, 3 为移 2/3 针, 4 为移 1/4 针, 5 为移 3/4 针
B19	卷布电机卷取方向, 1 为前进, 2 为后退
B20	卷取量, 即卷取电机步数
B21	卷取拉布交流电机的开关

图 3 控制数据

时针数 knit\_num[9..0], bit[30] 代表机头运转方向, bit[31] 代表中断标志。当需要读取传感器信号时, 将传感器信号地址存储在 bit[29..25] 中。

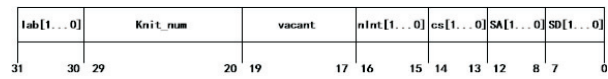


图 4 帧结构定义

2.3.1 传感器信号读取

系统通过读取传感器信号获取当前编织信息, 并根据当前信号做出相应操作<sup>[9]</sup>, 总共有 30 个传感信号, 所以为 8 位数据线分配 4 个地址:

- (1) 01001: 机头三角到位信号;
- (2) 00111: 高 5 位故障信号, 低 3 位机头位置信号;
- (3) 00101: 压针电机零位置信号;
- (4) 00011: 低 3 位用户操作信号, 中间两位摇床电机零位信号, 其余两位空余。

如图 1 所示, 传感器信号通过 FPGA(1) 板读入, 没有动作时, 令 FPGA(1) 的片选信号无效, 读取传感信号时, 先把传感信号地址清零, 再读入要读取的信号地址, 然后令 FPGA(1) 板的片选信号有效, 调用驱动读取信号并储存在数据存储器 SD[7..0] 中, 读取数据存储器数据, 调用 return(rval&0xff) 返回传感器信号值, 再将传感器地址清零。传感器信号读取完毕。

2.3.2 机头与纱嘴电磁铁的控制

机头通过向系统写入数据进行控制, 而机头又是由电磁铁控制的, 所以归根到底是对电磁铁的控制<sup>[10]</sup>。双系统电脑横机机头总共有 16 个电磁铁, 每个系统有 8 个, 在程序中总共为其设置了 4 个地址, 每个地址控制 4 个电磁铁, 由 FPGA(2) 板控制。同样, 在没有动作时, 将 FPGA(2) 板的片选信号置为无效, 首先读取系统号, 再确定电磁铁号, 然后将数据写入, 由于每个系统控制 8 个电磁铁, 前 4 个由地址 1 控制, 后 4 个由地址 2 控制, 所以当电磁铁号大于 4 时写第二个地址, 当电磁铁号小于 4 时写第一个地址, 然后将数据写入, 再将数据清零, 将数据发送到相应地址。

同理, 纱嘴也是由 16 个电磁铁组成, 其控制原理与机头完全一样, 在此就不赘述。

2.3.3 电机控制

系统包含压针电机、摇床卷布电机、主轴电机, 这三种电机都由 FPGA(2) 板控制。

系统设置 8 个压针电机控制压针密度, 每个压针电机配有一个地址, 两个数据位, 低位数据为脉冲信号, 高位数据为方向信号。首先令 FPGA(2) 板片选信号无效, 确定电机号, 写方向到数据线, 再写地址到地址线, 令 FPGA(2) 板有效。

摇床电机和卷布电机控制方式相同, 分别配有一个地址<sup>[11]</sup>, 两位数据, 用来控制正反两种脉冲, 正脉冲正转, 反脉冲反转。

主轴电机为交流伺服电机, 由 4 位数据控制, 1、2 位设置了两个速度等级, 3、4 位分别为方向和使能。FPGA(2) 根据写入的速度等级发送相应频率的脉冲。通过将方向、速度、使能信号写入数据线, 再将相应的电机地址写入地址线, 便可进行控制。

3 图形用户界面

考虑到可移植性强, 界面友好, 良好的封装性及其模块化的程度, 以及 Linux 对其的支持, 图形用户界面使用 Qt 进行编写。界面在 Linux 系统的宿主机上开发, 之后进行交叉编译后下载到目标机上运行。

3.1 开发环境的搭建

在安装 Linux 发行版本之前, 需要安装 Vmware Workstation 虚拟机。由于 PC 机上具有丰富的开发资源, 在宿主机上开发, 并与目标机通过交叉编译器进行连接, 安装交叉编译器选择 arm-Linux-gcc-4.4.3, 将其复制到/tmp 目录下, 进入该目录, 执行如下命令进行解压安装:

```
#cd/tmp
#tarxvzf arm-linux-gcc-4.4.3-tgz -C /
执行上面的命令把 arm-Linux-gcc 安装到/opt/ARM/toolschain/4.4.3/, 此外还要执行以下命令将编译器路径加入系统环境变量:
```

```
#gedit /root/. bashrc
```

打开 bashrc, 在最后一行加入: export #PATH = \$ PATH:/opt/ARM/toolschain/4.4.3/bin, 保存退出后重启或注销系统, 以上设置将生效。

在 Qt/E 主界面设计中, 需要使用大量的按钮和标签。为了更加直观和方便地进行集成化设计, 采用了 QtCreator 这款集成开发工具。QtCreator 是跨平台的开源 IDE, 不但界面简洁, 而且操作也非常简单, 是初学者的不二选择。首先安装 Qt 的 SDK (qt-sdk-linux-x86-opensource-2010.05.1. bin), 把 qt-sdk-linux-x86



-opensource-2010.05.1.bin 文件拷贝到/tmp 目录,执行如下命令将文件改为可执行并解压安装:

```
#chmod +x qt-sdk-linux-x86-opensource-2010.
```

05.1.bin

```
#./qt-sdk-linux-x86-opensource-2010.05.1.bin
```

由于该基于 Qt 的操作系统最终要在横机上运行,所以需要 ARM 版的 Qt。这里编译制作了脚本 build.sh 用来编译 Qt,代码如下:

```
1. #/bin/bash
```

```
2. QTVERSION=4.8.5
```

```
3. PKGNAME=qt-everywhere-opensource-src- ${QTVERSION}
```

```
4. QTPACKAGE= ${PKGNAME}.tar.gz
```

```
5. DESTDIR=/usr/local/Trolltech/QtEmbedded- ${QTVERSION}-arm
```

```
6. [-d ${PKGNAME}] && rm -rf ${PKGNAME}
```

```
7. [-d ${DESTDIR}] && rm -rf ${DESTDIR}
```

```
8. rm -rf qt-everywhere-opensource-src- ${QTVERSION}
```

```
9. tarxvfz $QTPACKAGE
```

```
#-----
```

```
10. cd qt-everywhere-opensource-src- ${QTVERSION}
```

```
Echo yes!./configure -opensource -embedded arm -xplatform  
qws/linux-arm-g++-webkit -qt-gfx-transformed-qt-libtiff-qt-  
libmng-qt-mouse-tslib-qt-mouse-pc-no-mouse-linuxpt-no-  
neon
```

```
11. make && make install
```

制作完成后,进入源代码目录执行如下命令:

```
#cd /opt/arm-qte-4.8.5
```

```
#./build.sh
```

编译完成后,制作脚本 mkt,从目标文件分别提取必要的库文件并分别打包成 ARM 版本(target-qte-4.8.5-to-board.tgz)和 PC 上的版本(target-qte-4.8.5-to-pc.tgz)。QtE4.8.5 会安装在/usr/local/Trolltech/QtEmbedded-4.8.5-arm/下,其中包含所需的库文件和应用程序。将该路径加入 PATH,执行如下命令:

```
#gedit /etc/profile
```

在最后一行加上:export PATH=/usr/local/Trolltech/QtEmbedded-4.8.5-arm/bin:\$PATH

为了检验开发环境是否搭建成功,先编写一个简单 helloworld 程序,放在开发板上运行,看是否成功。

### 3.2 为 Qt/E 添加触摸屏驱动

系统选用四线压力感应控制的电阻触摸屏 LTM035A776C。S3C2416 内部的触摸屏接口控制触摸屏的不同工作模式,首先将触屏控制器初始化,此时为中断等待模式,同时初始化定时器,将其设定为每 10 ms 检查一次是否被触摸并注册到内核同时使能中断。当触摸动作触发 TS 中断时,即进入中断处理函数,检测触摸坐标并处理。

通常,鼠标、键盘等以设备驱动接口的形式封装在 Qt/E 中<sup>[12]</sup>,但是,在 Qt/E 中并没有专用的触屏设备接口。所以,需要通过鼠标的驱动接口来控制,将触摸屏模拟为鼠标。要实现 Qt/E 中的触摸屏驱动,需要修改 qwsmouseyopy\_qws.cpp 中的两个函数。首先,在 QWSYopyMouseHandleprivate 类构造函数中将触摸屏设备文件/dev/ts 修改为/dev/xxts;然后,修改 readMouseData 函数,使其正确读取设备文件、判断触摸状态并将其转换为屏幕上的 X/Y 坐标数据。触摸屏的数据存在如下结构体中:

```
typedef struct {  
    short pressure;  
    short xpos;  
    short ypos;  
    short timestamp;  
} ts_sample;
```

readMouseData() 通过 open 函数打开设备驱动文件并读取。最后,设定编译选项,重新编译 Qt/Embedded 即可。

### 3.3 用户界面的实现

电脑横机系统庞大,所包含的界面众多,下面以横机主界面(见图 5)为例,介绍用户界面的设计方法。使用 Qt 设计用户界面主要包括界面设计、信号和槽的连接、槽的定义。



图5 横机主界面

#### 3.3.1 界面设计

Qt 提供了两种界面设计的方法。一种是使用 Qt-designer 直接从工具栏将所需要的控件拖到界面中,使用 QLayout() 类进行窗口布局;一种是采用纯代码的方法在程序中进行控件的定义及布局<sup>[13]</sup>。这里使用前面所安装的集成开发环境 QtCreator,建立 .ui 文件,启动 QtDesigner,进行窗口布局。编译时,Qt 会自动将 .ui 文件装换成 C++ 可识别的 .h 文件。图 5 主界面总共有 15 个按钮,包含电脑横机的所有功能。工作时,需要点击按钮,以触发它们的 clicked() 信号,并通过与槽函数的连接跳转到各自页面。所以需要在头文件中添加私有的槽函数定义,如下:

```
private slots:
void systemButtonClicked();
void runButtonClicked();
void languageButtonClicked();
void fileButtonClicked();
void timeButtonClicked();
.....
void netButtonClicked();
void testButtonClicked();
```

### 3.3.2 信号与槽的关联

信号与槽是一种用于对象间通信的机制,是 Qt 的独特之处<sup>[14]</sup>。为了用户在 Qt 程序中点击按钮控件是可运行指定函数,信号与槽提供可以运行指定函数的框架。Qt 提供的所有控件拥有多种预设信号。例如, QPushButton 控件的单击 (click)、双击 (doubleclick)、鼠标经过 (mouseover) 等多种信号。信号用于处理发生的事件,槽则指定从信号处接收的事件的函数。因此可以将信号与槽视为一个管道。而且,信号与槽并不是 1 对 1 匹配的,一个信号可以关联多个槽,一个槽也可以关联多个信号。当发生鼠标单击信号时,调用函数 connect,与运行特定函数的槽相关联。例如,当单击系统测试按钮时,槽函数接收到信号,跳转到测试页面,关联该信号与槽的代码示例如下:

```
Connect ( ui -> QTestButton, SIGNAL ( clicked ( ) ),
this, SLOTS( testButtonClicked ( ) ) );
```

### 3.3.3 槽函数的定义

在界面设计过程中,需要根据横机运行情况自己编写槽函数。由于横机界面众多,所以 Qt 提供了 show() 和 hide() 类来显示和隐藏窗体。槽函数的编写需要在 .cpp 文件中进行。

## 4 结果展示

面对这样一个复杂的横机系统,调试主要分为模块调试和整机调试。将电脑横机控制器的界面系统移植到开发板上,可以通过触摸屏控制电脑横机工作。与传统横机相比,伺服电机响应时间更短,并且可以通过触摸屏准确控制电机运转速度,在整机调试阶段,处理器实时读取 FPGA 返回的针位置,根据针位置发送控制数据至机头以控制选针,准确度高,运行比较稳定。运行实例结果如图 6 所示。

## 5 结束语

为了实现上位机与下位机信号的快速处理,以及获得更加人性化的人机交互,在详细分析电脑横机上位机系统技术需求的基础上,以 ARM9 为核心硬件平台,设计了在嵌入式 Linux 系统电脑横机上位机系统,

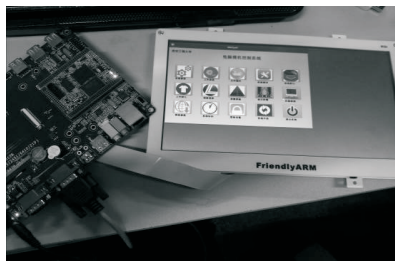


图 6 运行实例结果

并应用 Qt 设计开发了友好的图形用户界面。调试和试运行结果表明,所设计的电脑横机上位机系统运行可靠、稳定,电脑横机工作性能良好,满足了工程应用要求;与传统的横机上位机系统相比,其功能更强,实时性更好,软件界面更加人性化。

### 参考文献:

- [1] 黄向军. 新型嵌入式电脑横机控制器的设计[D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [2] 朱石林. 电脑横机控制系统的设计[D]. 杭州:浙江理工大学,2009.
- [3] 薛佳. 嵌入式电脑横机控制器关键技术的研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2009.
- [4] 王红凯,张森林. 基于 Linux 嵌入式全自动横机软件系统设计[J]. 纺织学报,2008,29(2):101-105.
- [5] 金昌. 全自动电脑横机花型准备和控制系统的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2006.
- [6] 王琛奎. 电脑横机控制器的软件设计[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [7] 吕建飞,傅建中. 新型电脑横机的开发研制[J]. 针织工业,2005(5):13-15.
- [8] 李锋. 电脑横机控制器的硬件设计[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [9] Li Ning, Wu Xiaoguang, Zhang C, et al. A new type of fabric density regulating device base on the application of computer flat knitting machine[J]. Journal of Wuhan Textile University, 2013, 11(4): 65-69.
- [10] Zhang C, Zhang C, Wu Xiaoguang. Control system data preparation of computer flat knitting machine[J]. Journal of Textile Research, 2012, 33(8): 124-129.
- [11] Han Q, Hou P W. The pattern management mathematical method of computer flat knitting machines based on embedded processor[J]. Applied Mechanics & Materials, 2010, 43: 156-159.
- [12] Zhu N H. Research and implementation of I~2C device driver under embedded Linux system[J]. Microcomputer Information, 2010, 26(11): 70-72.
- [13] 丁松林,黄丽琴. Qt4 图形设计与嵌入式开发[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:5-8.
- [14] 郑阿奇,陈超. Qt4 开发实践[M]. 北京:电子工业出版社,2011:121-123.