

绣花机花样信息处理的研究与实现

李祥伟, 白瑞林, 赵涛涛

(江南大学智能控制研究所, 无锡 214122)

摘要:分析和比较 DST, DSB 和 DSZ 等国际主流绣花花样文件格式, 为了弥补其不具备完整刺绣信息的缺点及更好地兼容这几种花样格式, 提出一种自主花样格式——SYT 格式。采用 FAT16 文件系统存储该花样格式文件, 实现内存中花样文件的管理。该研究成果已应用于自主研发的新型工业绣花机控制器, 具有较大的工程应用价值。

关键词:工业绣花机; 花样格式; 花样信息处理; FAT 文件系统

Research and Implementation of Pattern Information Processing for New Industrial Embroidery Machine

LI Xiang-wei, BAI Rui-lin, ZHAO Tao-tao

(Institute of Intelligent Control, Southern Yangtze University, Wuxi 214122)

【Abstract】 This paper analyzes and compares several pattern formats prevalent in the world such as DST, DSB and DSZ. Because these pattern formats do not have the whole embroidery information, and in order to be compatible with these pattern formats, it proposes the customized SYT pattern, realizes the storage of SYT pattern files based on FAT16 file system, and realizes the management of patterns in flash. The research is used in the system of new industrial embroidery machine with independent intellectual property.

【Key words】 industrial embroidery machine; pattern format; pattern information processing; FAT file system

1 概述

工业绣花机是应用新型嵌入式系统技术的智能缝制设备, 具有高速、高精度、多轴协同、光机电气一体化的特点, 已成为刺绣行业的主流设备。其中, 日本的田岛(Tajima)、百灵达(Barudan)和德国的 ZSK 绣花机在国际刺绣设备行业中最具代表性。

对工业绣花机而言, 花样文件是基于计算机技术完成精密绣花缝制的基础。由于功能和体系结构上的差异及技术发展的原因, 各种工业绣花机所能识别的花样格式不尽相同, 目前国际上主流的花样格式有 DST, DSB, DSZ 等。花样信息处理是设计新型工业绣花机的基础和关键技术之一^[1]。因此, 研究花样信息有重要的现实意义。为了兼容 DST, DSB, DSZ 花样格式和处理更多的刺绣信息, 本文在分析这几种花样格式的基础上, 提出了一种更适合工业绣花机控制系统的自主花样格式(SYT 格式), 重点研究了 Flash 文件系统的实现及花样文件的管理。

2 花样文件的产生

工业绣花打版系统是工业绣花机的必备设备, 现已广泛应用于服装、鞋帽等行业。要绣出高质量的绣品必须要有优质的打版系统。随着绣花工艺的飞速发展, 与之配套的绣花软件技术取得了长足的进步, 同时也诞生了一批绣花软件供应商, 就国内市场而言, 主要有田岛、百灵达、威尔克姆(澳大利亚)、富怡(中国)等。

打版软件首先对花样图片或图像文件进行处理, 产生花型设计文件。花型设计文件是一种特殊格式的图形文件, 含有图像信息(图形大小、色彩、相对位置等)和制版编辑信息(针迹类型、密度等), 但它不能直接用于刺绣, 必须由打版软件

进一步生成花样文件, 才能被工业绣花机读取和识别。因为工业绣花机的步进电机 X 轴和 Y 轴的位移尺寸(最低偏移量为 0.1 mm)及停止、换色、剪线等控制信息只能用二进制或三进制来编码。

3 花样文件的格式

工业绣花机花样文件中的图案都是以带有控制信息的线迹单元作为基本图案单位。花样文件数据主要包括图案信息和缝制动作信息, 这些信息都将用于每一针迹的缝制控制。为了便于描述, 先给出以下定义: 内存花样文件即为 Flash 中的花样文件; 花样中一条针迹的数据称为一个缝制帧; 花样数据以 0.1 mm 为基本单位, 设定 0.1 mm 为 1 步, 则本文中涉及的数值, 如针迹的位移大小、 x 、 y , 都用步数来衡量^[1]。

3.1 花样文件头

花样文件头主要存放一些花样的基本信息。目前, DST, DSB, DSZ 的文件头都是花样文件的前 512 Byte, 包含以下信息: 花样名, 总针数, 颜色数, 起绣点到该花样左边界和右边界的步数 X_{\max} 和 X_{\min} , 起绣点到该花样的上边界和下边界的步数 Y_{\max} 和 Y_{\min} , 花样终点到起绣点在水平和垂直方向上的步数等。花样文件的文件头部分是以 ASCII 码表示的一些统计信息。

3.2 花样文件体

花样文件体存放了描述花样针迹动作的全部数据, 包括对跳针、换色、剪线等动作的控制和每条针迹的位移。DST,

作者简介:李祥伟(1982 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 嵌入式系统; 白瑞林, 教授; 赵涛涛, 硕士研究生

收稿日期: 2008-07-26 **E-mail:** lixiangwei_1982@hotmail.com

DSB, DSZ 格式的花样文件体都是从第 513 Byte 开始到文件结尾,且每个缝制帧均采用 3 Byte 描述,但是每种格式 3 Byte 的组织形式各不相同。

缝制帧字节描述如下:

A ₇ A ₆ A ₅ A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ A ₀	B ₇ B ₆ B ₅ B ₄ B ₃ B ₂ B ₁ B ₀	C ₇ C ₆ C ₅ C ₄ C ₃ C ₂ C ₁ C ₀
---	---	---

(1) 针迹位移的表示

一条针迹在 X, Y 方向上的位移 Δx, Δy, 即指一次刺绣动作中布框在 X, Y 方向上移动的相对步数。本文约定水平向右为 X 正向, 垂直向上为 Y 正向^[1]。

DST 采用三进制的编码形式, Δx, Δy 可参照表 1 所示的权值计算。

表 1 DST 格式一帧中每位对应的权值

字节	7	6	5	4	3	2	1	0
A ₇ A ₆ A ₅ A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ A ₀	+1	-1	+9	-9	-9	+9	-1	+1
B ₇ B ₆ B ₅ B ₄ B ₃ B ₂ B ₁ B ₀	+3	-3	+27	-27	-27	+27	-3	+3
C ₇ C ₆ C ₅ C ₄ C ₃ C ₂ C ₁ C ₀	0	0	+81	-81	-81	+81	0	0

Δx, Δy 计算公式如下:

$$\Delta x = A_3 * (-9) + A_2 * 9 + A_1 * (-1) + A_0 * 1 + B_3 * (-27) + B_2 * 27 + B_1 * (-3) + B_0 * 3 + C_3 * (-81) + C_2 * 81$$

$$\Delta y = A_7 * 1 + A_6 * (-1) + A_5 * 9 + A_4 * (-9) + B_7 * 3 + B_6 * (-3) + B_5 * 27 + B_4 * (-27) + C_5 * 81 + C_4 * (-81)$$

在 DSB 和 DSZ 格式中, 每一帧的第 2 Byte 和第 3 Byte 分别表明该针迹在 Y 和 X 方向上的位移大小。

(2) 控制码的表示

通常工业绣花机还提供剪线、换色和跳针等控制动作, 因此, 花样文件需包含代表这些动作的控制码。对于不同机型的控制系统, 控制码的表现形式不尽相同, 但都能执行换色、跳针等机器动作, 下面详细分析对 DST 控制码的识别。

每一缝制帧的最后一个字节 C₇C₆C₅C₄C₃C₂C₁C₀ 是控制码, 表示正常刺绣、跳针、换色还是结束。具体的控制码类型如表 2 所示。

表 2 DST 的控制码

控制码类别	帧的取值
正常绣	C ₇ = C ₆ = 0, C ₁ = C ₀ = 1
换色	C ₇ = C ₆ = C ₁ = C ₀ = 1, 帧中其他位为 0
跳针	C ₇ = C ₁ = C ₀ = 1, C ₆ = 0
剪线	若干个连续的跳针码
结束	C ₇ = C ₆ = C ₅ = C ₄ = C ₁ = C ₀ = 1, 帧中其他位为 0

正常刺绣码是 03H; 跳针码不固定, 只要满足表 2 中的条件即可, 跳针码有 8BH, 83H, A3H; 换色码是 C3H; 结束码是 F3H, 其后是 1AH, 表示花样文件结束。

在 DSB 和 DSZ 格式中, 第 1 Byte 表明控制码的类别和刺绣的方向, 但是第 1 Byte 每位表示的含义不同。

4 FAT 文件系统创建

4.1 FAT 文件系统概况

FAT 文件系统是微软较早推出的文件系统, 具有高度的兼容性, 目前广泛应用于 PC 特别是可移动存储设备中。FAT 文件系统包括: FAT12, FAT16, FAT32, 其基本区别在于实际磁盘上 FAT 结构表项的大小(位数)不同。FAT 文件系统包括: MBR, DBR, FAT, FDT 和 DATA 区。MBR 又称主引导扇区, 其后为 64 Byte 的磁盘分区表。DBR 是系统引导区, 由 1 个至数个扇区组成, 包含分区引导程序及重要的磁盘参数表 BPB; FAT 为文件分配表区, 是由登记项组成的线性表, 跟踪记录文件对象在数据区的存储情况; FDT 为根目录区, 采用线性表的结构组织磁盘文件或用户目录的基本信息; DATA 为数据区, 是文件内容真正存储的位置, 占据了磁盘

绝大多数空间。FAT 文件系统采用簇来管理数据区, 簇为扇区的整数倍, 簇大小在 BPB 中定义, 是磁盘文件进行存储的最小单位。利用这 5 个区域, 操作系统实现了对磁盘区域和文件对象的有机管理^[2-3]。磁盘上数据的组织如下:

主引导记录 (MBR)	系统引导记录 (DBR)	文件分配表 (FAT)	文件目录表 (FDT)	数据区 (DATA)
-------------	--------------	-------------	-------------	------------

4.2 FAT 文件系统实现

本系统采用 SST39VF320 芯片作为花样文件的存储介质, 为 16 bit 的 4 MB NOR Flash。

对可移动的存储介质进行读写等操作首先要获取存储介质的各种信息, 逻辑盘信息通过逻辑盘信息登记项的数据结构来记录, 并通过存储介质的加载底层驱动程序获取^[4]。

对于可移动的存储介质, 当底层驱动程序初始化时, 申请一个或多个逻辑盘, 读取逻辑盘的 0 扇区就可以获取逻辑盘信息结构体中的参数, 但对 Flash 中这个特定的文件系统可以做一些简单的处理, 去掉 MBR 和 DBR, 直接设定其逻辑盘的盘符为 0, 并初始化逻辑盘信息, 这样可省去加载底层驱动来获取逻辑盘的 BPB 参数, 降低设计的复杂性。

片外 Flash 采用 FAT16 文件系统, 将 Flash 存储体划分为每簇 2 个扇区, 每个扇区 512 Byte, FAT 表占用 16 个扇区, FDT 表占用 48 个扇区。Flash 文件系统存储结构的物理映射如下:

0x80000000	0x80002000	0x80008000	0x803FFFFF
FAT 区	FDT 区	DATA 区	

Flash 文件系统具体初始化参数如下:

```

DiskInfo[0].Drive = 0; // 0 是板上内存专用盘符
DiskInfo[0].FATType = FAT16; // 文件系统定为 FAT16
DiskInfo[0].SecPerClus = 2; // 每簇扇区数
DiskInfo[0].NumFATs = 1; // FAT 表数
DiskInfo[0].SecPerDisk = 8 192; // 逻辑驱动器包含扇区数
DiskInfo[0].BytesPerSec = 512; // 每扇区字节数
DiskInfo[0].RootDirTable = 16; // 根目录开始扇区号
DiskInfo[0].RootSecCnt = 2; // 根目录占用扇区数
DiskInfo[0].FATStartSec = 0; // FAT 表开始扇区号
DiskInfo[0].FATSecCnt = 16; // 每个 FAT 占用扇区数
DiskInfo[0].DataStartSec = 64; // 数据区开始扇区号
DiskInfo[0].ClusPerData = 4064; // 数据区包含簇数
DiskInfo[0].PathClusIndex = 0; // 当前目录
DiskInfo[0].RsvdForLow = NULL; // 保留给底层驱动程序
DiskInfo[0].DiakCommand = NULL; // 驱动程序
    
```

对于应用程序, 可以通过函数 CreatFile(), ReadFile(), WriteFile(), DeleteFile() 等 API 函数实现内存文件的创建、读写和删除等操作。

5 自主花样格式 SYT 设计

为了节省系统空间、提高刺绣速度, 将外部输入花样文件(DSB, DST, DSZ)统一转化成“SYT 格式”。每种格式的转换算法略有不同, 如需输出花样, 则将控制器内存中保存的“SYT 格式”转换成 DST 格式输出到磁盘上。

5.1 SYT 花样文件头的实现

在目前的程序版本中, 花样文件首簇共 1 024 Byte, 用来存放花样统计信息, 第 2 簇存放控制码表, 控制码表的后一簇开始存放花样数据直到花样结束。在花样统计信息中, 前 128 Byte 的格式与 DST, DSB 文件的前 128 Byte 相同。第 160 Byte~第 219 Byte 依次是针迹数据起始地址、自动换色顺序数据起始地址、控制码表起始地址和本花样刺绣信息。

换色顺序数据在头扇区偏移 256 Byte 处开始, 共计

250 Byte, 每个字节记录换色的针杆号。

贴布绣数据在头扇区偏移 512 Byte 处开始, 共计 500 Byte, 每位数据用 2 Byte 表示, 距离对应换色码的出框距离。

首簇的数据(共 1 024 Byte)组织如表 3 所示。

表 3 花样信息的数据组织

字节偏移	ASCII 码标识	花样信息含义
0x0000	.LA :	其后 128 Byte 记录花样的基本信息
0x00a0	.DA :	其后 4 Byte 记录针迹数据的起始地址
0x00b0	.CL :	其后 4 Byte 记录自动换色顺序数据的起始地址
0x00b8	.CT :	其后 4 Byte 记录控制码起始地址
0x00c0	.EMB :	其后的数据是花样刺绣信息
0x0100	无	换色顺序数据, 共 250 Byte
0x0200	无	贴布绣数据, 共 500 Byte

花样刺绣信息为 15 Byte, 记录了花样镜像、旋转、反复和缩放等参数, 以 0xEE 结尾。

5.2 SYT 花样文件体的实现

花样文件体从 Flash 文件系统数据区的第 2 簇开始存放, 分为控制码表和帧数据 2 个部分。控制码表从文件的第 2 簇开始存放, 每个控制码用 4 Byte 表示, 每位的含义如表 3 所示。帧数据存放在紧接控制码表的下一簇, 每帧数据用 2 Byte 表示。

DST, DSB, DSZ 花样帧采用 3 Byte 表示一帧数据, 帧数据大多是平针, 因此可以把 3 Byte 的帧数据转换成 2 Byte, 特殊的控制码放在控制码表中, 实现控制码和针迹位分离, 32 位控制码如下:

31 位~28 位: CtrCodeType	27 位~20 位: CtrCodeNdls	19 位~0 位: CtrCodeNum
控制码类别	从下一针开始连续相同控制码针数	控制码起始针

控制码类别: 01: 跳针; 02: 换色; 03: 停止; 04: 剪线; 07: 文件结束码

如某个花样的第 1 控制码信息为: 0x1050A0C6, 即 CtrCodeType = 01; CtrCodeNdls = 05; CtrCodeNum = 0xA0C6, 表示从第 1 帧数据到第 0xA0C5 帧是平针, 可按照帧数据正常走针, 走到 0xA0C6 时执行跳针, 从 0xA0C6 到 0xA0CB 帧都是跳针(共跳 6 针)。

针迹数据的格式是每帧以 2 Byte 存储, 高字节表示 X 轴方向位移, 低字节表示 Y 轴方向位移, 每个字节都是有符号数据。

采用威尔克姆打版软件打开一个 DST 花样文件, 花样的显示图形如图 1 所示, 转换成 SYT 格式的内存花样文件刺绣, 得到的样品如图 2 所示, 从实际应用的效果来看, SYT 格式可以无失真转换 DSB, DST, DSZ 花样文件格式。

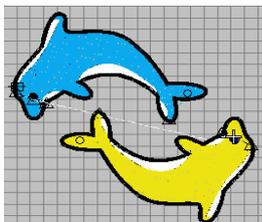


图 1 DST 格式花样的显示图形 图 2 SYT 格式文件的刺绣图片

6 花样文件的管理

在工业绣花机控制器的设计中, 花样文件通过 USB HOST 实现内存花样和外部存储设备(U 盘、软盘、移动硬盘等)的交互, 花样管理系统分 4 个层次, 如图 3 所示, 实现了

花样文件的输入、输出、编辑等功能。



图 3 文件管理系统的实现层次

U 盘和 USB 软驱都属于 USB 类别规范中的大容量设备类, 不同的数据存储体构成了 Mass Storage 类的子类, SCSI 即为实现 U 盘接口的子类, 各个子类都有自己的一套协议, 绝大多数的移动存储设备都采用 Bulk-Only 传输协议^[5]。

中间层函数是文件系统 API 的编程基础, 如 CreateClusLink()建立簇链、FATAddClus()为簇链增加一簇, 这些中间层函数通过调用 SCSI 命令对 U 盘的指定地址进行读写。

API 函数作为应用程序的编程接口, 为系统提供 CreateFile(), WriteFile(), ReadFile()等函数实现 U 盘数据的读写, 这些函数通过调用底层函数实现。

应用层函数是实现花样文件管理的核心, 主要负责花样文件的输入、输出以及编辑等功能。花样文件的输入通过函数 CopyFileFromDisk()实现, 主要完成将移动存储介质中的 DST, DSB, DSZ 的花样读出, 并将其转换成机器可识别的自主花样格式 SYT, 并保存在控制器的片外 Flash。花样文件的输出通过调用函数 CopyFileToDisk()函数实现, 将内存中的花样转换成 DST 格式文件输出到外部的存储设备中。同时花样管理还实现了对内存花样文件目录的删除、编辑等功能, 所有这些函数都通过调用 API 函数接口实现。

7 结束语

花样信息处理是开发工业绣花机、电子花样机等花样缝制设备的基础。本文在分析 DST, DSB, DSZ 花样格式的基础上, 设计了自主花样格式 SYT 格式, 详细分析了 SYT 格式文件的存储和对花样文件的管理。该研究成果已经在自主研发的工业绣花机控制器中得以实现, 实际运行中系统的整体性能良好。因此, 本文的研究成果将有助于设计与开发具有自主知识产权的新型花样缝制设备。

参考文献

- [1] 梁克, 张凯龙, 周兴社. 智能花样缝制设备的主流花样格式分析与仿真[J]. 计算机工程, 2006, 32(3): 259-261.
- [2] 韩方, 李忠一. 在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中文件系统的分析与建立[J]. 计算机工程, 2007, 33(4): 275-276.
- [3] 金晶, 浦汉来, 朱莉. 基于 FLASH 存储器的嵌入式文件系统的设计与实现[J]. 电子器件, 2006, 26(2): 214-217.
- [4] 周立功. ARM 嵌入式系统软件开发实例(一)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [5] 周立功. ARM 嵌入式系统软件开发实例(二)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.