基于视听触同步呈现的嵌入式文件管理系统设计与实现

摘要

盲文是视力障碍人群获取信息，提高生活质量的重要媒介。目前我国视力障碍人群总数庞大，且以低视力人群为主体。已有的盲文学习方式或者盲文显示设备以听觉和触觉刺激为主，不符合我国视障人群的特点，也不便于明眼人对视障人群学习盲文进行指导。本文设计并实现了一种视听触同步呈现的嵌入式文件管理系统，视障人群可以基于该文件管理系统实现文件目录管理，文本阅读，存储文本书签等功能。设计了一种文本对齐算法，将分词后的文本和相应的盲文点序在已有的硬件条件上一一对应。最终将文本内容，文本翻译后的盲文点序，文本的语音信息同步呈现，为视障人群提供了一种多元的盲文学习方式和文本阅读平台。

前言

根据世界卫生组织（WHO）估计，全球范围内，约有2.85亿视力障碍人群，其中3900万人为完全失去视力人群，2.46亿人为低视力人群。中国约有7500万视力障碍人群，其中有800万完全失去视力人群，6700万低视力人群。随着我国逐步进入老龄化社会，并且人们长期不合理用眼行为的增加，盲人数目将会继续增长。

传统的盲文书籍通过在硬质纸片上压制凸点形成盲文，供盲人摸读学习。但传统的盲文书籍存在很多缺点，例如盲文书籍制作工艺复杂，成本较高。盲文书籍体积较大，不便于盲人携带。盲文书籍制作周期长，内容更新慢，不能满足盲人获取知识的需求。与传统盲文书籍相比，盲人更需要一种电子的盲文显示设备。为此，国内外很多学者进行了研究。

1912年，Fournier d’Albe等人提出了一种光电阅读装置Optophone，该装置通过光的照射，直接或者间接地产生声音，允许盲人使用听觉感受明亮的文字，根据阅读装置发出的不同频率的声音，区分阅读到的字符。但盲人需要大量的训练才辨识每个字符的声音特征，因此该装置难以普及。1971年，斯坦福大学的Bliss等人研制出便携式阅读设备Optacon，该装置由扫描仪模块和触觉阵列组成，用户通过扫描仪模块扫描文本上的文字，触觉阵列产生与符号大小相同的振动针阵列供盲人触摸。1999年，美国桑迪亚实验室Anderson等人研制出一款基于电磁驱动的探针式盲文显示装置，该装置安装在用户手上，根据指尖的振动识别盲文。2001年，清华大学茅于杭等人，利用压电陶瓷材料研发了清华点显器。压电陶瓷材料在电压强弱的控制下会产生形变，推动压电陶瓷上的顶杆上升或者下降，让盲人通过触觉实现与电脑的人机交互。但该装置体积较大，不具有便携性。2004年，蒋小艳等人提出了基于电刺激的盲文点字显示电路，盲人通过触摸电极有无刺激来识别盲文。缺点是电刺激可能会产生疼痛，每个人痛阈值不同，不适合所有盲人使用。

完全失去视力的人群无法通过视觉因素获取外界信息，主要依靠听觉和触觉感知外界刺激，提取信息。但仍存在大量的低视力人群，他们和完全失去视力的人群不同，有一部分残留的视力，帮助他们通过视觉因素获取信息。已有的盲文点显装置将盲人的盲文阅读方式，集中在触觉和听觉。而低视力人群仍然可以利用视觉因素，学习盲文和阅读文本。

因此，结合我国视力障碍人群分布现状，以及视力障碍人群的阅读需求，本文设计了一种运行在嵌入式的文件管理系统，实现了视觉、听觉、触觉同步呈现的盲文学习机控制系统。该系统帮助视力障碍人群提高学习盲文的效率，改善他们的阅读条件。

基于视听触同步呈现的嵌入式文件管理系统设计

引言

文件管理是为了明确存储设备或者分区上文件的方法或者数据结构，是在存储设备上组织文件的方法。文件管理系统是一种存储和管理文件信息的软件，支持数据缓冲、目录分层，位于系统的内核。基于视听触同步呈现的嵌入式文件管理系统是基于FATFS文件系统实现对文件或目录管理的。

FATFS是一种轻量级的开源的FAT文件系统模块，适合运行在小型的嵌入式系统。它支持FAT12,FAT16和FAT32分区格式,支持多个存储媒介，可以对多个文件同时进行读写。FATFS由底层接口、中间层、应用层组成，应用层提供了文件接口函数供开发者调用，便于开发者管理文件，例如f\_open、f\_close、f\_lseek等。因此移植FATFS文件系统，对SD卡内的文件进行管理。

文件管理系统总体流程

本文的文件管理系统是基于自主研发的盲文学习机硬件平台设计的。该盲文学习机以STM32F103ZET6为主控芯片，外部设备有4.3寸LCD液晶屏，科大讯飞XFS5152语音合成芯片，SD卡等。基于视听触同步呈现的嵌入式文件管理系统实现了文件目录管理，文本阅读和文件书签管理的功能。设计的文本对齐算法能够将屏幕上显示的文本内容和120个盲文触点表达的内容一致，方便用户阅读。

用户插入SD卡后，文件管理系统读取SD卡的内容，以目录的形式将文件信息显示在LCD液晶屏上。用户通过按下盲文学习机的按键，可以实现选择文件夹，获取文件夹内容，阅读文本，创建并存储书签，打开已存储书签的功能。同时，文件管理系统控制语音合成芯片并且驱动120个盲文触点，生成对应的语音提示和盲文点阵提示，辅助用户阅读。最终为视力障碍人群提供一个视觉、听觉、触觉融合的盲文学习和阅读平台。

文件管理系统将盲文学习机系统分为三个区域：文本端，目录端和书签端。用户通过盲文学习机上的按键，获取每个区域内部的信息。在目录端选择文件夹，打开某个文件夹，获取子目录内容。在文本端上下翻页，更新文本内容，摸读盲文点序。在书签端，选择已存储的书签文件，返回上次阅读到的文本位置，继续阅读。用户通过返回按键，实现三个目录交互的功能。在子目录按下返回键，返回子目录的父级目录。在文本端按下返回键，实现书签文件的存储，并且返回该文本所属的目录。在书签端按下返回键，返回目录端，获取根目录的文件信息。图1是盲文学习机三个区域的交互关系。



图1 盲文学习机三个区域的交互关系

目录端功能设计与实现

目录端是用户与盲文学习机进行交互的平台。目录端显示SD卡中文件夹的名称，随着用户按键的选择，文件管理系统控制语音芯片进行语音播报，辅助用户获取文件夹信息。

当系统运行后，文件管理系统遍历SD卡根目录内容，检查根目录中是否存在记录存储书签次数的文件nums.txt，若不存在，则在根目录下创建nums.txt。在遍历根目录内容的同时，文件管理系统将文件夹名称保存在数组中，计算根目录文件夹数目。根据根目录文件夹数目，选择屏幕上显示的文件夹名称。由于LCD屏幕大小的限制，屏幕上显示的文件夹数目有限，如果SD卡内文件夹数目很大，直接将文件夹名称显示在屏幕上会造成文件夹名称的重叠，影响用户使用。因此，屏幕最多显示文件夹数目被规定为10个，当用户选择了第10个文件夹后的文件夹，清屏显示后10个文件夹的名称。为了方便用户直观地知道选择了第几个文件夹，屏幕上有负责标识文件夹的光标，光标会指向选中的文件夹名称。图2是该过程的流程图。



图2 系统运行屏幕显示流程图

在目录端，用户可以按上选择键和下选择键，选择上一个文件夹或者下一个文件夹，并且语音播报选中的文件夹名称。图3和图4是这两个过程的程序流程图。



图3 选择上一个文件夹流程图



图4 选择下一个文件夹流程图

由于屏幕显示的文件夹数目有限，用户选择的上一个文件夹或者下一个文件夹，和当前屏幕所显示的文件夹未必在同一序列中。例如当前目录的文件夹总数大于10个，在第一个文件夹处按下上选择键，选中最后一个文件夹，屏幕显示倒数10个文件夹的名称。在第十个文件夹处按下下选择键，选中第十一个文件夹，并且第十一个文件夹是处于新的文件夹序列的第一个位置。因此需要结合当前目录的文件夹数目n和用户在当前目录按下上下选择键的次数curplace，决定显示的文件夹名称。curplace2为标识选中文件的函数提供参数，当用户按下上下选择键，每当按下的次数为10的整数倍，需要指向第一个文件夹。例如用户从第一个文件夹开始按下选择键，按了10次后会选中第十一个文件夹，且该文件夹在新的序列中的第一个，标识光标应该指向第一个位置。在用户按上下选择键的同时，系统会语言播报选中文件夹的名称。遍历该目录的内容后，将文件夹名称存储在二维数组filename中，以curplace为数组元素序号，将声音信息和图像信息对应呈现。

当用户按下上选择键后，curplace=(curplace-1)%n。由于屏幕最多显示10个文件夹，判断n是否大于10。如果n大于10，按下上选择键可能需要更新屏幕内容。判断用户是在第几个文件夹的位置按下上选择键，如果curplace小于0，说明用户在第一个文件夹按下上选择键，从第一个文件夹选择到最后一个文件夹，LCD屏幕显示倒数的最多十个的文件夹名称序列。如果curplace大于0，说明用户在除第一个文件夹以外的位置选择了上一个文件夹。此时需要判断是否需要更新LCD屏幕显示的内容。当curplace+1整除了10，说明按下的次数为屏幕最多显示文件夹数目的整数倍，需要更新屏幕内容。例如在第十一个文件夹的位置按下了上选择键，此时应该显示第一个到第十个文件夹的名称。如果n小于10，只需判断curplace是否小于0，如果curplace小于0，把curplace的置为n-1，不用考虑更新屏幕内容。

当用户按下下选择键，curplace=(curplace+1)%n，考虑n是否大于10。如果n大于0，按下下选择键可能需要更新屏幕内容。当按下的次数为屏幕最多显示文件夹数目的整数倍，需要更新屏幕内容。屏幕更新的内容由按下下选择键的位置决定。例如在第十个文件按下下选择键，如果当前目录文件总数大于等于20个，屏幕更新第十一到第二十个文件夹名称。如果当前目录文件总数小于20个，屏幕更新剩下的文件夹名称。当curplace从n-1变为0，即从最后一个文件夹选择到了第一个文件夹，需要更新屏幕显示内容。如果n小于10，curplace的取值范围为0至n-1，不用考虑更新屏幕内容。

用户在目录端按下确认键打开选中的文件夹，读取文件夹内容。打开文件夹的内容如果是文本文件则打开文本文件。如果文件夹内容是文件夹，屏幕上显示下一级目录的文件夹名称。用户按下确认键后，文件管理系统根据curplace的值找到已选中的文件夹。curplace的值是根据用户在当前目录下，按上下选择键次数变化的。例如curplace的值在用户按了一次下选择键后由0变为1，则打开第二个文件夹。打开该文件夹后，判断文件夹内容的类型。如果是文本文件，打开该文件夹下的存储文本内容的text.txt显示在LCD屏幕,获取data.txt的二进制点序，驱动盲文触点起落，生成对应的盲文，同时语言播报text.txt的文本内容供用户在视听触三个方面同步感知信息。如果是文件夹，则将文件夹名称存入二维数组filename。遍历所有文件夹后得到该目录下文件夹数目i，如果i大于10，显示前10个文件夹名称。如果小于10，显示前i个文件夹名称。该流程如图5所示。



图5 确认键流程图

文本端功能设计与实现

对齐算法设计与实现

为了便于盲人理解盲文表达的文本含义，国家标准盲文规定，词与词之间，词与符号之间要用空格隔开，将未翻译为盲文的文本做分词处理后翻译成盲文文本。经过分词处理后的盲文文本以二进制点序的形式存储，通过“000000”分隔，对应的分词后的原文本以空格分隔。盲文六个点构成一方，但大部分汉字由不止一方的盲文点组成。盲文学习机有120个电磁式盲文触点，存在最后一方的盲文与新的一页的第一个盲文构成一个汉字，或者构成一个连续的词语的可能性。用户摸读盲文的同时，LCD屏幕上会显示对应的文字。为了让LCD屏幕显示的文字与120个盲文文本对应，并且盲文文本不会产生歧义的切分，需要设计一种对齐算法，将盲文文本以每120个字节与对应的分词后的原文本对齐，两者指向的视觉，触觉因素同步呈现，帮助用户阅读。盲文学习机的盲文触点最多显示数目为120个，代表了20方盲文，大部分汉字字符由两方组成， 120个盲文触点表达的汉字为约为10个左右。因此，规定每次获取37个字节的文本（约为18个字符）和120个盲文二进制点序进行对其处理是足够的。对齐算法流程如图6所示。



图6 对齐算法流程图

该算法每次从二进制盲文点序中取126个字节，从分词后的原文本中取37个字节。根据第20方和第21方不同的情况，决定存储的二进制盲文点序和原文本，分别存储到data.txt和text.txt。

如果获取到的二进制盲文点序小于126个字节，代表了该序列生成的盲文方数至多为20方。此时无需进行盲文点序和文本的对齐处理，直接将分词的原文本和二进制盲文点序输出分别输出到text.txt和data.txt。更一般的，需要讨论第20方和第21方的点序情况，决定对齐的方式。

第20方和第21方都不是空方的对齐处理情况如图7和图8所示。如果第20方和第21方都不是空方，则第20方表示了一个词的一部分或者一个字的一部分，应该舍去消歧。因此，倒序统计前19方中的空方数目，并记录最后一个空方的位置，存储包括该空方和之前的盲文点序到data.txt。从已获取的37个字节的分词的原文本中，按照字节依次存储文本到text.txt，并且顺序统计空格的数目。当两者空格数和空方数相同，停止存储。由于文件管理系统每次获取的文本内容37字节，获取的二进制盲文点序为120字节，因此将输出的文本补充空格补至37个字节，将输出的点序补充“0”至120个字节，保证文件管理系统的正常获取。

图7是获取37个字节分词后的文本和126个字节的二进制盲文点序，判断第20,21方的情况，这两方都不是空方。统计前19方的空方数是3个，且最后一个空方是第19方。顺序存储分词后的文本并统计空格数目，两者空格数目一致的位置是“典”的后面。将“》”前的文本存储到text.txt，前19方存储到data.txt，分别进行补空格和补“0”的处理。对齐处理结果如图8所示，图中“\_”代表空格。



图7 未经对齐处理分词结果与二进制盲文点序图（第20方和第21方均不为空方）



图8 经对齐处理分词结果与二进制盲文点序图（第20方和第21方均不为空方）

第20方是空方和第21方不是空方的对齐处理情况如图9和图10所示。如果第20方是空方，代表第20方前是一个完整的词，第20方作为分词的空方，与从第21方开始的词分隔。此时直接存储120个二进制盲文点序到data.txt，并且计算前20方盲文有多少空方。按照字节顺序存储获取到的37个字节原文本，存储到text.txt，并且统计空格数。当空格数目与前20方空方数目一致，停止存储。最后将text.txt的内容按照37个字节，用空格补齐。

图9是获取37个字节分词后的文本和126个字节的二进制盲文点序，判断第20,21方的情况，第20方是空方，第21方不是空方。统计前20方的空方数是6个。顺序存储分词后的文本并统计空格数目，两者空格数目一致的位置是“升”的后面。将“起”前的文本存储到text.txt，前20方存储到data.txt，分别进行补空格和补“0”的处理。对齐处理结果如图10所示，图中“\_”代表空格。



图9 未经对齐处理分词结果与二进制盲文点序图（第20方为空方第21方不为空方）



图10 经对齐处理分词结果与二进制盲文点序图（第20方为空方第21方不为空方）

第20方不是空方和第21方是空方的对齐处理情况如图11和图12所示。这种情况说明第20方或者第20方与前面的方构成了完整的词或者字。此时直接存储120个二进制盲文点序，并且计算前20方盲文有多少空格。依次存储37个字节的原文本，统计空格数。当文本的空格数目加1与点序的空格数目相等，停止存储。将两者的输出分别补齐120字节和37字节，便于用户阅读文本。

图11是获取37个字节分词后的文本和126个字节的二进制盲文点序，判断第20,21方的情况，第20方不是空方，第21方是空方。统计前20方的空方数是5个。顺序存储分词后的文本并统计空格数目，两者空格数目一致的位置是“。”的后面,与第20方代表的“是”不匹配，因此要多数1个空格，将“是”也存储到text.txt。将text.txt和data.txt分别进行补空格和补“0”的处理。对齐处理结果如图12所示，图中“\_”代表空格。



图11 未经对齐处理分词结果与二进制盲文点序图（第20方不为空方第21方为空方）



图12 经对齐处理分词结果与二进制盲文点序图（第20方不为空方第21方为空方）

每次进行120个二进制盲文点序和37个原文本字节对齐后，将文件指针的偏移量按照已经处理到的文本位置进行偏移。最终将整个文本遍历对齐，实现分词处理的文本代表的视觉因素，和二进制盲文点序驱动的盲文触点的触觉因素同步呈现，便于用户的阅读。

翻页功能的设计与实现

在文本端，经过文本对齐处理后，阅读文本和盲文二进制点序是按照37字节阅读文本和120个字节盲文点序对齐的规则，分别存储在text.txt和data.txt中。文件指针fil1指向每篇课文的text.txt，文件指针fil2指向每篇课文的data.txt。P1和P2是两个整型变量，分别记录文件指针fil1和fil2的地址，便于创建书签时记录当前阅读到的文本的位置。buffer1存储系统读到的文本内容，传递给语音模块进行语音播报。buffer2存储盲文点序，输出给盲文点阵驱动模块，生成对应盲文点阵，供用户摸读。系统将buffer1和buffer2的内容处理，输出到LCD屏幕上，供用户阅读。用户通过文本上翻键和文本下翻键，切换至当前文本的上一页和下一页。图13和图14是按下文本下翻键和文本上翻键的程序流程图。



图13 文本下翻流程图



图14 文本上翻流程图

用户按下文本下翻键后，系统判断文件指针fil1的位置，如果fil1在文本的末尾，则将fil1置于文本的开头。获取fil1后37个字节储存到buffer1，fil2后120个字节储存到buffer2。

按下文本上翻键后，系统判断文件指针fil1是否位于文件的末尾，如果在文件末尾，则判断文本大小能否被37整除。如果能，则将fil1向前移动74个字节，fil2向前移动240个字节。如果不能，则计算余数。将text.txt的文本大小对37求余，加上37后得到t1。将data.txt的文本大小对120求余，加上120得到t2。fil1和fil2分别向前移动t1和t2个字节。如果文件指针fil1不在文件的末尾，则判断fil1是否位于text.txt的第一页，即第37个字节处。如果在第一页，判断文本大小能否被37整除。如果能，则将fil1移动到text.txt末尾，向前移动37个字节。fil2移动到data.txt末尾，向前移动240个字节。如果不能，则计算余数。text.txt的文本大小对37取余得到t3。data.txt的文本大小对120取余得到t4。fil1和fil2分别移动到各自指向文件的末尾，向前移动t3和t4个字节。如果fil1既不在文件末尾，也不在文件的第一页，说明fil1位于文件的中间，将fil1移动到当前位置的前74个字节，fil2移动到当前位置的前240个字节。

按下文本上翻键和下翻键后，调用屏幕显示函数，将buffer1和buffer2的内容分别以文字和图形的形式，显示在LCD屏幕上。同时调用语音控制函数，播报buffer1存储的内容。调用点阵驱动函数，把buffer2存储的点序输出以盲文触点的形式呈现。由于盲文二进制点序和分词后的文本经过了对齐处理，因此视觉因素和触觉因素是同步呈现的。在视觉因素显示的同时，语音控制函数也将听觉因素同步输出，在文本端实现了视听触同步呈现的阅读模式。

书签端功能设计及其实现

为了提高用户阅读体验，继续阅读未读完的文本，文件管理系统设计了书签功能。用户可以在阅读文本时存储书签，在书签端浏览已存储的书签并且打开某个书签继续阅读。

创建书签功能的实现

在文本端，用户按下返回上级键，从文本端退出，返回目录端屏幕显示文本所属文件夹的父级文件夹内容，光标指向文本所属文件夹。文件管理系统生成书签文件，存储用户上次阅读的文本，并且保存用户离开文本的位置。该过程如图15所示。



图15 返回上级目录和创建书签流程图

文件管理系统打开的文件是由变量path存储的路径决定的。以点位练习文本为例，path存储的路径是“0:/01盲文基础学习/01点位练习/text.txt”。当用户从文本端退出，返回目录端，系统打开01盲文基础学习文件夹，path的路径是“0:/01盲文基础学习”，遍历该文件夹内容，将光标指向01点位练习。由于规定屏幕显示文件夹的数目最多为10个，根据该文件夹内容的数目i和该文件夹在当前目录中的位置k，选择LCD屏幕显示的文件内容。如果i大于10，超过屏幕能显示文件夹的最大数目，显示filename[(k/10)\*10]至filename[(k/10)\*10+9]存储的内容。如果i小于等于10，则显示filename[0]至filename[i-1]存储的内容。

创建书签文件有两个步骤，首先确定书签文件的内容，其次选择新建书签文件还是替换已有的书签文件。规定书签文件存储的内容为用户退出文本时，阅读到的文本地址P1，盲文二进制点序文本地址P2，和文本所属文件夹的路径buffer。图16为规定的书签内容格式。



图16 书签内容格式

P1和P2在文本上下翻页时，根据当前文本的位置进行改变。buffer存储的文本所属文件夹的路径通过变量path获取。

书签文件存储在SD卡根目录，书签文件名格式为“书签X 存储的文本名称.c”。确定书签内容后，系统选择是创建新的书签还是替换已有书签。规定SD卡内书签文件的最大数目为10个，已有书签文件数目小于10时，新建书签文件。已有书签文件数目等于10时，替换已有书签文件，创建新书签文件。文件管理系统根据文件扩展名，遍历SD卡根目录下所有.c文件，统计已有书签文件个数cnt2。打开根目录下的nums.txt文件，查看已储存书签文件次数cnt1。如果cnt2小于10，新建书签文件，其文件名前6个字节为“书签X”，X为cnt1+1。如果cnt2等于10，系统将替换已有书签文件。如果cnt1+1能够整除10，则替换书签10。否则替换值为(cnt1+1)%10的书签文件。例如已存储书签次数为19次，再次存储次数为20次，把已有书签文件书签10替换。如果已存储书签次数为18次，再次存储次数为19次，19对10取余得9，把已有书签文件书签9替换。替换书签文件需要将已存在的书签文件删除，再创建新的书签文件。寻找要被删除的书签文件，方法是将所有书签文件名存入数组，遍历查找每个书签文件名字符串中是否存在要替换的子串。找到后记录该书签文件名称，删除该书签文件。将要存储的内容按照书签内容格式创建新的书签文件，文件创建成功后将cnt+1，覆盖写入nums.txt，便于下次正确创建书签文件。

读取书签功能的实现

用户在目录端按下书签显示键后，系统由目录端退出，进入书签端，图17是书签端显示的流程。



图17 书签端显示流程图

用户按下书签显示键后，系统会遍历根目录的文件。规定书签文件的扩展名是.c，找出所有.c文件，存入二维数组bookmarkname，显示书签名称在LCD屏幕上。

在书签端按下上选择键和下选择键可以选择要打开的书签文件。和目录端类似，书签端系统控制bkplace变量记录用户按下选择键的次数。由于书签文件数目最多为10个，该流程不用考虑屏幕显示内容的变化。cursor变量传入用于标识书签文件的函数，标识被选择的书签文件。该流程如图18所示。



图18 上下选择书签文件流程图

当用户在第一个书签文件的位置按下上选择键，选中最后一个书签文件。当选中最后一个书签文件时，按下下选择键会选中第一个书签文件。选择书签文件的同时，控制语音芯片对书签名称语音播报。

用户在书签端按下确认键后，打开选中的书签文件。遍历根目录的书签文件，根据bkplace的值，确定要打开的书签文件。按照书签文件存储内容的格式，读取书签文件的内容。先读取4个字节储存在P3，接着读取4个字节在P4，最后把存储的路径写入path。P3记录了用户上次阅读的text文本的偏移量，P4记录了data文本的偏移量。系统将指向text的文件指针fil1偏移P3字节，指向data的文件指针fil2偏移P4字节，返回上次用户阅读到的位置。在path路径后添加text.txt和data.txt，打开文本的内容和二进制盲文点序。从fil1获取37个字节到buffer1，从fil2获取120个字节到buffer2，进行语音播报和盲文点阵驱动。图19是打开书签文件流程图。

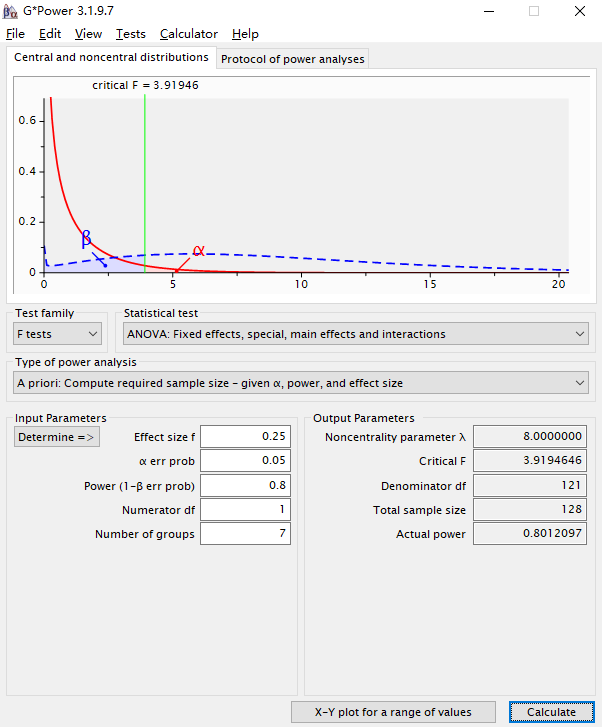


图19 打开书签文件流程图

实验设计：探究视觉、听觉、触觉对学习盲文的影响

实验内容：视觉、听觉、触觉因素作为自变量，各有两个水平，即有视觉影响，无视觉影响；有听觉影响，无听觉影响；有触觉影响，无触觉影响。由于无法在无视觉、无听觉、无触觉的条件下进行盲文学习，所以有7组实验。学习的内容为随机生成的10个盲文符号序列，为保证学习内容难度相近，盲文符号序列的每个盲文符号是点数为3~4个的随机组合，即在25种组合中选取10种。每组的实验对象在各自的学习条件下进行学习。由于学习内容为随机生成的盲文符号，故学习者无需记住学习内容代表的符号含义，只需记住学习的盲文符号在10个盲文符号序列中的位置。例如第一个盲文符号是1、4、6点，第二个盲文符号是2、3、5点......

样本量的确定：一般认为,理想的统计检验力要大于等于0.8(Cohen,1988)。使用G-power软件计算实验所需的样本量大小。统计检验力为0.8和效应量为中等水平0.25，实验组数为7组，被试间设计实验所对应的被试量为128人，即每组需要19人。



评价指标：在规定时间内学习10个盲文符号序列后，进行学习成果检验。随机打乱学习的盲文符号的顺序，让被试者说出对应盲文符号在原盲文符号序列中的位置，计算回答的准确率。

评价方法：利用SPSS进行多因素方差分析，计算某个因素，某几个因素组合的显著性。得出在哪种学习方式影响下，对盲文学习的正确率影响最显著。