

# 基于单片机和 LabVIEW 的无线火灾监测系统的设计

曾素琼, 黄华杰

(嘉应学院 电子信息工程学院, 广东 梅州 514015)

**摘要:** 设计一款无需布线、人机交互界面好、系统数据及信息显示直观的 RFTR1 无线火灾监测报警系统; 系统以单片机 STC12C5A60S2 为核心控制器, 利用 LabVIEW 开发环境设计上位机的监测界面, 上位机通过串行口与单片机通信, 从而实现对多路数据的采集与监测; 文中重点介绍系统的实现过程, 设计并解释系统的硬件连接, 对系统作软件设计, 解释了 LabVIEW 监测平台的应用; 经测试火灾监测系统运行正常, 无线通信距离较远 (无障碍时达 1 000 m), 系统具有对功能变化的适应性强、抗干扰能力强、安装调试简便等特点。

**关键词:** 火灾监测; 单片机; 传感器; LabVIEW; RFTR1 无线

## Design of Wireless Fire Monitoring System Based on Microcontroller and LabVIEW

Zeng Suqiong, Huang Huajie

(School of Electronics and Information Technology, Jiaying University, Meizhou 514015, China)

**Abstract:** In this paper, a without wiring, good man-machine interface and system data and information display intuitive RFTR1 wireless fire monitoring and alarm system is designed. In this system, microcontroller STC12C5A60S2 act as center controller, designed to monitor interface of PC using LabVIEW development environment, PC communicate with the microcontroller via the serial port, in order to achieve multi-channel data acquisition and monitoring. The implementation of the system is discussed mainly, design and interpretation system hardware connection, software is designed for the system, the application of LabVIEW monitoring platform is explained. The fire monitoring and alarm system operating normally after testing, wireless communication longer distance (accessibility and up to 1 000 m), system with the adaptability of the functional changes, strong anti-interference ability, easy installation and commissioning etc.

**Keywords:** fire monitoring; microcontroller; sensor; LabVIEW; RFTR1 wireless

## 0 引言

随着我国经济和城市建设的快速发展, 城市高层、地下以及大型综合性建筑日益增多, 火灾隐患增加, 火灾发生的数量及其造成的损失呈逐年上升趋势。市场对火灾监测报警系统的需求不断增长, 对系统的性能要求也越来越高。目前较为常用的火灾报警控制形式是集散式火灾自动报警系统, 此种控制形式在信号传输方面大多数采用有线传输, 布线安装费时费力, 成本高<sup>[1-2]</sup>。

本文设计 RFTR1 无线火灾监测报警系统, 用单片机作控制中心, 利用人机交互界面性能好的 LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering workbench) 监测终端<sup>[3-4]</sup>, 通过 LabVIEW 提供的串行通信功能将单片机系统与 PC 机结合, 既充分发挥 LabVIEW 的强大功能, 又降低了系统开发成本。系统无需布线、安装调试简便、对功能变化的适应性强、抗干扰能力强。

## 1 系统的总体设计

根据市场的应用需求, 无线火灾监测报警系统应具备的主要功能为: 满足常规数据 (温度和烟雾) 采集的需求, 具有性

能可靠、反应及时等功能, 方便用户实时获知环境温度和烟雾的状况; 传感器节点功耗低, 能在不同环境下长期正常工作; 系统的扩展性好、易升级; 由于不同的场合有不同的应用需求, 所以传感器节点的类型和数量应该根据实际需求而定, 即能方便地改变或增减传感器的节点; 具有交互界面好、易于使用的终端检测软件, 在功能设计上, 既考虑环境的参数采集、检测, 又考虑数据的处理、分析和存储, 还考虑人机交互界面性能。

系统设计是基于 STC12C5A60S2 单片机控制, 由主控中心、温度检测模块、烟雾检测模块、RFTR1 无线模块、LabVIEW 上位机 5 个模块组成, 系统结构框图如图 1 所示。将温度/烟雾传感器检测模块采集的模拟信号利用单片机内部 A/D 转换电路转换成数字信号, 单片机对该数字信号进行滤波处理, 并通过 RFTR1 无线模块传送到主控中心, 主控中心将接收到的数据在 LCD1602 液晶显示, 并通过串口线传送数据到 LabVIEW 监测终端人机交互界面, LabVIEW 对接收的数据进行分析, 与设定的火灾阈值进行比较, 当检测信号超过阈值时, 就报警, 没有超过阈值时, 继续检测, 实现对该区域火灾情况的远程监测。图 1 所示的系统组成框图只是一个最小系统, 根据用户的实际需求, 可以改变或增减检测模块。

## 2 系统的硬件设计

### 2.1 主控芯片、温度/烟雾检测的选择及设计

本设计的硬件系统由以 STC12C5A60S2 系列单片机为核

收稿日期: 2014-05-31; 修回日期: 2014-07-14。

作者简介: 曾素琼 (1967-), 女, 广东五华人, 副教授, 硕士, 主要从事电路与系统、自动控制及通信技术方向的研究。

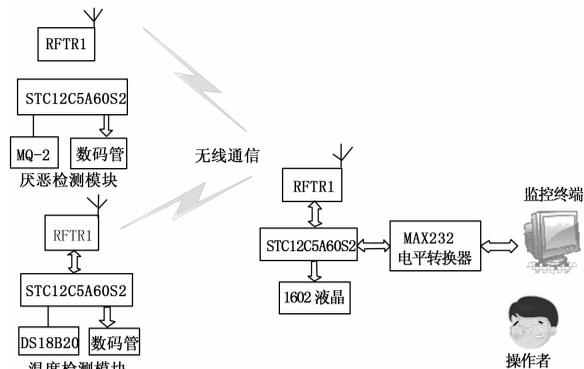


图 1 系统结构框图

心的主控模块和温度/烟雾传感器检测模块组成。系统用 STC12C5A60S2 单片机作主控芯片, STC12C5A60S2 是宏晶科技公司产品, 增强型 8051CPU, 指令代码完全兼容传统 8051 单片机; 在系统可编程 (ISP) / 在应用可编程 (IAP), 无需专用编程器, 无需专用仿真器可通过串口直接下载用户程序, 几秒即可完成; 通用全双工异步串行口, 可再用定时器或 PCA 软件实现多串口<sup>[5-6]</sup>, 内部 A/D 转换电路, 单片机晶振电路采用 11.059 2 MHz 的外部石英晶振, 5 V 电源电源供电, 发光二极管作为电源指示。

本系统设计采用的 DS18B20 温度传感器<sup>[7-8]</sup>, 它是美国 DALLAS 公司产品, 具体独特的单线接口方式, DS18B20 在与微处理器连接时仅需要一条口线即可实现微处理器与 DS18B20 双向通讯; 测温范围为:  $-55 \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ , 固有测温分辨率  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 支持多点组网功能, 实现多点测温; 在使用中不需要任何外围元件; 测量结果以 9~12 位数据位串行传送; 本系统采用的 DS18B20 温度传感器有 3 个引脚, 引脚 1 接 5V 直流电源, 3 引脚接地, 引脚 2 与单片机的 P3.7 口相连进行数据通信。

烟雾的检测采用 MQ-2 气体传感器<sup>[7]</sup>, MQ-2 传感器对液化气、丙烷、氢气的灵敏度高, 对天然气和其它可燃蒸汽的检测也很理想<sup>[8]</sup>。测量范围:  $300 \sim 100\,000 \text{ ppm}$ ; 误差: 1 ppm。MQ-2 传感器有四个引脚, 引脚 1 接 5 V 直流电源, 4 引脚接地, 引脚 2、3 分别与单片机的 P1.0 口、P3.4 口相连进行数据通信。

### 2.2 系统的硬件连接

系统电路的硬件连接框图如图 2 所示, 主要由单片机 STC12C5A60S2、DS18B20 传感器电路、MQ-2 烟雾传感器电路、RFTR1 无线模块、串口通信、数码管显示电路、LCD1602 液晶显示电路、5 V 直流电源电路和晶振电路等组成<sup>[9-10]</sup>。DS18B20 传感器输出连接到单片机的 P3.7 引脚; MQ-2 烟雾传感器模拟量输出连接单片机 P1.0 引脚, 数字量输出连接单片机 P3.4 引脚。RFTR1 无线模块负责与温度/烟雾检测模块进行无线双工通信<sup>[10-11]</sup>, 主控模块侧的 RFTR1 无线连接单片机的 P1.2 和 P1.3 引脚, 温度/烟雾检测模块侧的 RFTR1 无线模块连接单片机的 P3.0 和 P3.1 引脚。串口通信电路使用 MAX232 作为电平转换芯片, 实现无线网络与计算机的数据通信。主控模块侧在 LCD1602 显示温度/烟雾采集到的实时数据, 温度/烟雾检测模块

侧在数码管显示检测场地的温度/烟雾值。

## 3 系统主要硬件电路设计

### 3.1 串口通信电路和 RFTR1 无线通信电路

MAX232 芯片是美信公司专门为计算机的 RS-232C 标准串口设计的单电源电平转换芯片, 使用 +5 V 单电源供电。MAX232 将单片机 TXD (P3.1 引脚) 输出的 TTL 电平信号转换为 RS-232C 电平, 输入到 PC 机, 并将 PC 机输出的 RS-232C 电平信号转换为 TTL 电平, 输入到单片机的 RXD 引脚 (P3.0)。

RFTR1 系列无线模块是高集成无线数据传输模块, 远距离传输达 1 200 m, 工作频率有多个选择 (本设计用 433 MHz), 天线自动匹配及双向开关控制, TTL/232/485 接口可选, GFSK 调制模式, 体积小, 丰富便捷的编程设置, 是应用非常广泛的无线模块<sup>[11-12]</sup>。RFTR1 与单片机的接口电路设计为: 主控中心 TXD 接单片机 P3.1, RXD 接单片机 P3.0; 传感检测模块 TXD 接单片机 P1.2, RXD 接单片机 P1.3, 应用单片机的双串口。

### 3.2 LCD1602 显示电路和数码管应用电路

主控模块采用 LCD1602 液晶显示采集的温度/烟雾数据, LCD1602 显示两行, 每行 16 个字符。液晶的 D0~D7 接到单片机 I/O 口 P0.0~P0.7, 功能控制引脚 6 (E 使能端)、引脚 5 (R/W 数据读写)、引脚 4 (RS 数据命令选择端) 分别接到单片机 I/O 口 P2.2、P2.1、P2.0, 引脚 3 接的可变电阻 R (10 kΩ) 用于调节的背光亮度。

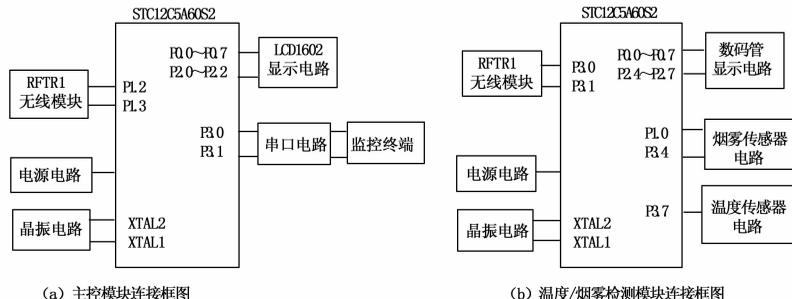
传感器模块通过数码管显示采集的温度和烟雾数据, 数码管各段分别与单片机 P0.0~P0.7 引脚相连, W1~W4 与单片机 P2.4~P2.7 引脚相连。电路中加三极管作放大电流, 避免分流使数码管变暗, 加电阻限流分压。

## 4 单片机软件设计

在已有的硬件平台基础上, 软件设计的任务是编写移植性好、可读性强、代码效率高的单片机程序。系统的主控模块和传感器检测模块的软件均由 C 语言编写, 由 Keil uvision4 编译器编辑, 它是 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统。在程序写好后, 可方便地将其烧写到 STC12C5A60S2 单片机上。

### 4.1 主控模块程序流程图

主控模块作为软硬件系统的主控制中枢, 需要完成无线通信、串口通信等智能控制功能, 其程序流程图如图 3 所示。主程序首先定义变量, 然后串口 1 (RFTR1 无线模块)、串口 2 (电平转换模块)、LCD1602 液晶、等功能的初始化, 串口 1 向温度模块发送 0x01, 主控中心接收数据, 串口 2 向电脑发



(a) 主控模块连接框图

(b) 温度/烟雾检测模块连接框图

图 2 系统电路的硬件连接框图

送数据, 同时在液晶上显示数据。串口 1 向温度模块发送 0x02, 主控中心接收数据, 串口 2 向电脑发送数据, 同时在液晶上显示数据。紧接着进入主循环。

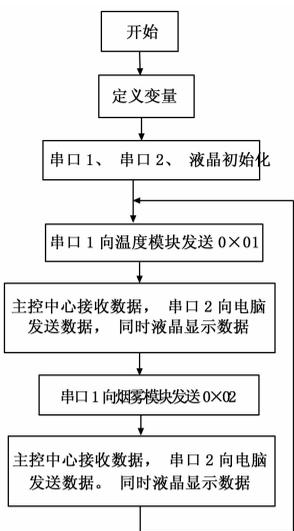


图 3 主控模块程序流程图

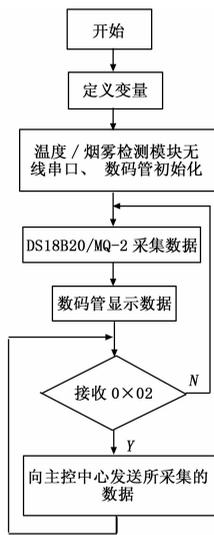


图 4 温度/烟雾检测模块程序流程图

#### 4.2 温度/烟雾检测模块程序流程图

温度/烟雾检测模块的主要任务是采集相关的环境参数, 并与主控模块进行无线通信, 该模块程序流程图如图 4 所示<sup>[13]</sup>。首先定义变量, 然后温度检测模块无线串口、数码管等功能初始化, 接着 DS18B20/MQ-2 开始采集数据, 并经过 STC12C5A60S2 内部集成的 A/D 转换处理数据, 并在数码管上显示, 同时判断是否接收到主控模块发送过来的命令 0x01/0x02, 如果接收到命令 0x01/0x02, 则向主控中心发送所采集到的温度/烟雾数据, 否则继续 DS18B20/MQ-2 继续采集数据。

### 5 LabVIEW 人机交互界面

一个完整的现代监测系统需要有多功能、人性化的计算机检测终端软件, 本系统采用 Labview 作为终端监测管理软件开发环境。

#### 5.1 LabVIEW 开发环境介绍

LabVIEW 是美国国家仪器 (National Instruments, NI)

公司推出的虚拟仪器开发平台, 它利用计算机强大的图像环境, 采用可视化的图形编程语言 (G 语言) 和平台, 在计算机屏幕上建立图形化软面板, 实现“软件即是仪器”<sup>[14]</sup>。作为一种软件开发环境, LabVIEW 具有图形化编程环境、功能强大的数据库、数据流编程、支持多操作系统等特性<sup>[3-4]</sup>。

#### 5.2 LabVIEW 软件设计

基于 LabVIEW 软件设计主要包括: 数据接收、数据处理、控制功能和数据存储。

##### 5.2.1 数据接收

在硬件上, 计算机监测终端软件是通过串口与下位机进行通信的。Labview 中, 可以利用仪器编程的标准 I/O 应用程序接口 VISA 实现串口通信<sup>[14-15]</sup>。串口配置好后, 接下来就要进行数据接收处理。由于 Labview 将单片机发送上来的数据格式视为一串串只含单个字符的字符串, 所以要先将单片机发送上来的数据先送入数据缓存区, 然后通过判断将同一“批次”的数据再做进一步处理。

##### 5.2.2 数据处理

从串口接收到数据并进行初步处理后, 计算机监测终端软件需要对数据进行解析后才能将相关数据显示出来, 并根据解析出来的数据判断是否需要发出报警。数据的显示和系统报警都采用多方式同时进行, 数据的显示采用虚拟仪器、数值和波形三种方式, 而系统报警有指示灯和声音两种方式。

##### 5.2.3 监测系统终端人机交互界面

LabVIEW 软件开发的工作流程: 确定功能要求—>建立 LabVIEW 工程—>设计流程图—>设计前面板—>使用虚拟串口和串口助手调试 VI—>生成规范—>完成设计<sup>[3]</sup>。

### 6 系统测试与分析

系统通电运行后, 主控中心能够实时接收到各传感器监测模块的相关数据, 并在 LCD1602 液晶中显示出来, 主控中心 LCD1602 液晶显示的数据与监测模块的数据完全吻合。主控中心与计算机监测终端软件通过串口线连接, 监测终端软件可接收到主控中心传输过来的数据且与相关传感器监测模块的数据完全吻合, LabVIEW 与 LCD1602 显示同步, 监测终端软件的控制功能正常。有障碍 (隔墙) 情况下无线通信距离约 600 m, 无障碍情况下无线通信距离约 1 000 m, 通信性能良好, 抗干扰能力强。温度及烟雾测试正常, 温度误差 0.5 °C, 当温度/烟雾浓度超过阈值, LabVIEW 人机交互界面报警, 系统运行正常。数码显示报警温度和报警烟雾浓度正常。

### 7 结束语

系统是价格低廉、技术成熟的单片机系统与 LabVIEW 结合, 既充分利用了 LabVIEW 的强大图形显示和数据处理功能, 又降低了系统开发成本; 使用 RFTR1 无线通信, 能很好地克服复杂的安装环境, 实现无线、多目标的温度/烟雾的实时传输, 通信距离较远 (无障碍时可达 1 000 m)。通过测试, 系统达到准确监测和报警, 通信效果良好, 可以满足大部分对火灾信号监测的需要。在实际运用中, 系统的硬件实现是模块化设计, 可以改变或增减传感器监测模块, 以满足不同的需要; 报警阈值可通过上位机监测界面进行设置, 实现了不同的监测要求。系统还具有扩展性强、功耗低、数据传输可靠、网络容量大等特点, 值得推广应用。

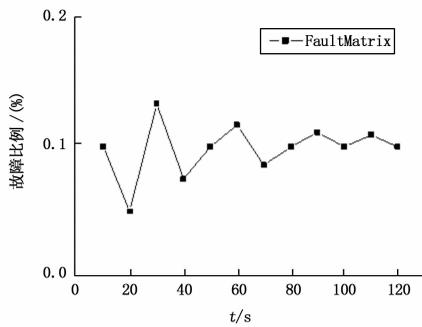


图 7 FaultMatrix 的故障比例随着时间的变化

## 4 结束语

自动计算是云计算提供持续服务的基础, 而故障的识别与定位是自动计算的前提条件。本文对云计算系统的软件结构进行了抽象, 给出了事务以及事务执行路径的定义, 并将事务的执行路径编码成组件的包含向量, 最后基于贝叶斯概率对故障矩阵进行分析进行故障的识别和定位。实验表明, 本文提出的方法与其它相关方法相比, 故障识别的准确性更高, 所用的执行时间更短。

### 参考文献:

- [1] Breiter G, Naik V K, A Framework for Controlling and Managing Hybrid Cloud Service Integration [A]. Cloud Engineering (IC2E), 2013 IEEE International Conference on [C]. 2013, p. 217-224.
- [2] Gomez I, Marojevic V, Gelonch A, Automatic computing resource awareness in resource managers for cognitive radios [A]. Cognitive Information Processing (CIP), 2010 2nd International Workshop on [C]. 2010, p. 122-127.
- [3] Yadav S K, Kalra P K, Automatic Fault Diagnosis of Internal Combustion Engine Based on Spectrogram and Artificial Neural Network [A]. in ROCOM10 [C]. Stevens Point, Wisconsin, USA, 2010, p. 101-107.
- [4] Gardazi S U, Shahid A A, Survey of software architecture description and usage in software industry of Pakistan [A]. Emerging Technologies, 2009. ICET 2009, International Conference on [C]. 2009, p. 395-402.

(上接第 45 页)

### 参考文献:

- [1] 杨晓光. 火灾自动报警系统的发展和前景 [J]. 广东公安科技, 2007, 17 (4): 53-55.
- [2] 刘伟鹏. 无线火灾自动报警系统的设计与应用研讨 [J]. 山西建筑, 2010, 36 (4): 197-199.
- [3] 陈树学. 刘莹. LabVIEW 宝典 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [4] 阮奇楨. 我和 LabVIEW—一个 NI 工程师的十年编程经验 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [5] 李晓林. 单片机原理与接口技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [6] 尹康泽. 基于单片机温度测量控制系统 [D]. 福建: 仰恩大学, 2010.
- [7] 程 军. 传感器与实用检测技术 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.

- [5] Vidacs L, Beszedes A, Tengeri D, et al. Test suite reduction for fault detection and localization; A combined approach [A]. Software Maintenance, Reengineering and Reverse Engineering (CSMR-WCRE), 2014 Software Evolution Week-IEEE Conference on [C]. 2014, 204-213.
- [6] Avritzer A, Cole R G, Weyuker E J. Methods and Opportunities for Rejuvenation in Aging Distributed Software Systems [J]. J. Syst. Softw., 2010, 83, 1568-1578.
- [7] Alonso J, Matias R, Vicente E, et al. A Comparative Evaluation of Software Rejuvenation Strategies [A]. in WOSAR 11 [C]. Washington, DC, USA, 2011, 26-31.
- [8] Cotroneo D, Natella R, Pietrantuono R, et al. A Survey of Software Aging and Rejuvenation Studies [J]. J. Emerg. Technol. Comput. Syst., 2014, 10 (8): 1-8.
- [9] Candea G, Kawamoto S, Fujiki Y, et al. Microboot — A Technique for Cheap Recovery [A]. in OSDI'04 [C]. Berkeley, CA, USA, 2004, 3-3.
- [10] Ghemawat S, Gobiuff H, Leung S, The Google File System [Z]. SIGOPS Oper. Syst. Rev., 2003, 37, 29-43.
- [11] Hazelhurst S. PH2: An Hadoop-based Framework for Mining Structural Properties from the PDB Database [A]. in SAICSIT '10 [C]. New York, NY, USA, 2010, 104-112.
- [12] Cheng S W, Garlan D, Schmerl B. Architecture-based self-adaptation in the presence of multiple objectives [A]. InProc. of SEAMS' 06 [C]. 2006, 21-22.
- [13] Garlan D, Cheng S, Huang A, et al. Rainbow: Architecture-Based Self-Adaptation with Reusable Infrastructure [J]. Computer, 2004, 37, 46-54.
- [14] Kramer J, Magee J. A rigorous architectural approach to adaptive software engineering [J]. J. Comput. Sci. Technol., 2009, 24: 183-188.
- [15] Eslamloueyan R, Designing a Hierarchical Neural Network Based on Fuzzy Clustering for Fault Diagnosis of the Tennessee-Eastman Process [J]. Appl. Soft Comput., 2011, 11, 1407-1415.
- [16] de Miguel L J, Blazquez L F, Fuzzy Logic-based Decision-making for Fault Diagnosis in a DC Motor [J]. Eng. Appl. Artif. Intell., 2005, 18, 423-450.
- [17] 张 宁, 等. 非均匀采样数据系统故障检测 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (6): 774-776.
- [8] 王新玲, 孙运强, 姚爱琴. 列车车轴温度无线监测系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (1): 119-121.
- [9] 王灵芝, 苏文松, 翁文陶. 基于 Simplicial Ti 的无线火灾报警系统设计 [J]. 微型机与应用, 2011, 30 (14): 24-27.
- [10] 赵 娜. 无线火灾报警控制器的研制 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [11] 熊志金. 基于无线传感器网络的列车货物安全监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (8): 2102-2104.
- [12] 张 宁, 韩 海. 用于森林火灾监测和救灾的无线传感器网络 [J]. 微计算机信息, 2008, 24 (10): 169-171.
- [13] 曾素琼. 嵌入式低压电力线通信风机控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (1): 105-108.
- [14] 顾亚雄, 朱翠英, 许方华. 基于 LabVIEW 的单片机多路数据采集系统的设计 [J]. 自动化技术与应用, 2009, 28 (10): 46-48.
- [15] 姚运萍, 陈继开, 高艳雯. 基于 LabVIEW 和单片机的多功能病房监护系统 [J]. 微计算机应用, 2007, 28 (10): 1081-1084.