

# 基于 Qt 的虚拟示波器的软面板设计

汪思静,程志强,熊 菡

(武汉科技大学 计算机学院,湖北 武汉 430065)

**摘 要:**为了解决用户无法自定义示波器界面的缺陷,文中以实际示波器为模型,使用可视化图形编程环境-Qt 平台,开发了虚拟示波器的软面板。以实际示波器需要的功能为基础,通过组件化的方式,实现对测试数据的存储、波形显示、回放及仪器界面控制等功能。结果达到了预期效果,设计出的虚拟示波器操作简单、功能强大,同时可以根据用户需要,重组组件设计出更为形象直观的界面,具有很强的可扩展性与可移植性。虚拟示波器势必成为当代示波器发展的方向。

**关键词:**虚拟示波器;软面板;Qt

**中图分类号:**TP311

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)07-0222-04

**doi:**10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.057

## Design of Virtual Oscilloscope Soft Panel Based on Qt

WANG Si-jing, CHENG Zhi-qiang, XIONG Han

(College of Computer, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China)

**Abstract:** In order to solve the defects that users can not customize the oscilloscope's interface, take the real oscilloscope as a model and use a visual graphical programming environment-Qt to develop and design the virtual oscilloscope soft panel. All functions are based on the real oscilloscope, which exists as components, to achieve the functions such as data storage, waveform displaying and oscilloscope's interface controlling. The results achieve the desired effects. What's more, the users can design the beautiful and intuitive interface through restructuring components according to their needs, it has strong scalability and portability. The virtual oscilloscope will be bound to become the developing direction of the contemporary oscilloscope.

**Key words:** virtual oscilloscope; soft panel; Qt

## 0 引言

在电子领域,示波器是最常用的测量仪器之一,主要用于测量信号的波形、频率及相关参数,但它存在着一个性能缺陷,界面由厂家定义,用户无法改变其模式。随时代应运而生的虚拟示波器打破了传统仪器的缺陷,不仅能够利用功能强大的微型计算机来完成信号的分析 and 处理,同时能够利用可视化图形编程工具,根据用户需要设计出逼真的仪器面板<sup>[1]</sup>,实现并扩展了传统示波器的功能。虚拟示波器有着处理能力强、性价比高及智能化等优势,势必将会得到广泛的应用。

Qt 是一个多平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架<sup>[2]</sup>。它提供给应用程序开发者建立图形用户界面应用程序所需的所有功能,如 Qt Designer, 直接用来设计可视化的应用程序界面。Qt 是 KDE 等项目所使用的支持库,完全面向对象,很容易扩展,并且具有可移

植性、易用性和运行速度快等特点。

文中选用 Qt 作为开发平台来设计虚拟示波器的软面板部分,界面可以根据用户的需要自行定制。示波器软面板上的控件,以组件的方式存在<sup>[3]</sup>,可以重组这些组件实现不同的样式风格,有效地增强了功能模块的复用性,并且提供了扩展接口,使得设计出的虚拟示波器方便、易用、灵活。利用计算机强大的功能,实现波形显示、数据分析及存储等功能。

## 1 虚拟示波器的设计

虚拟示波器的设计分为硬件和软件两个部分,硬件部分采用的是 STM32 微处理器,该芯片内部集成了全速 USB2.0 设备接口模块和 16 通道的 12 位高精度 A/D 转换器<sup>[4]</sup>,单芯片即可完成设计任务,避免了复杂的接口电路设计,有效地降低了系统接口的复杂度

收稿日期:2012-09-21

修回日期:2012-12-22

网络出版时间:2013-03-05

基金项目:武汉科技大学大学生科技创新基金(11ZRA108)

作者简介:汪思静(1990-),女,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统、智能机器人。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130305.0819.056.html>

和系统开发的难度,在很大程度上提高了系统的稳定性<sup>[5]</sup>。而软件部分则是包括驱动程序和软面板的设计,两者结合构成了完整的虚拟示波器。

在进行虚拟示波器设计之前,首先得思考我们需要实现的功能,参考传统的示波器,并结合虚拟示波器自身的特点,大致包括以下几点:波形显示、存储、打印,波形的拉伸与压缩,读取波形实时数据等。按照标准的示波器技术指标,采样速率为 48kS/s,波形显示通道为双通道。文中主要是针对虚拟示波器的软面板进行设计,硬件部分进行简单介绍。

### 1.1 系统硬件设计

根据系统的功能需求,硬件电路设计主要包括模拟信号采集、A/D 转换、数据存储、数据传输等,系统结构图如图 1 所示。

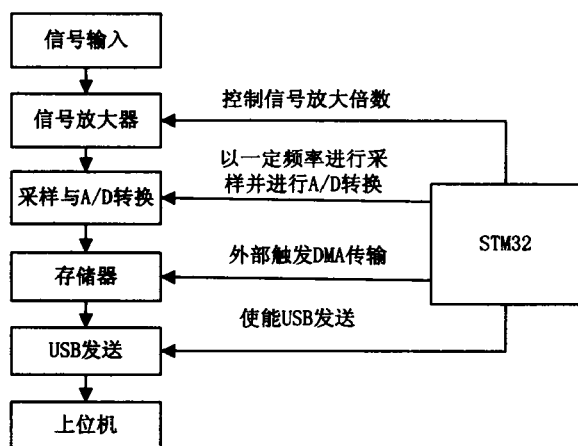


图1 系统硬件结构图

工作流程如下:由于采样速率较高,因而需要采集数据缓存后再通过 USB 总线送入计算机。微控制器 STM32 对硬件设备进行初始化,并通过内部 USB 硬件控制器来完成 USB 设备的枚举工作。被测量的电压输入信号经过信号放大器对信号进行放大,由微控制器 STM32 实现数据采集及通信,将采集的数据通过 A/D 转换器,对模拟信号进行模数转换,在完成规定长度的采集工作之后,将数据按序存入高速数据存储器中(RAM)。在规定的触发条件满足时,数据采集系统中的控制电路使能 DMA 通道,将 A/D 所采集的数据传输至 USB 的缓冲区中,由 USB 接口电路将这些数据传输给上位机<sup>[6]</sup>。

### 1.2 系统软件设计

#### 1.2.1 虚拟示波器的功能分析

虚拟仪器是人机交互的接口,系统软件结构的设计好坏直接影响着整个系统的性能和灵活性<sup>[7]</sup>,因此在进行虚拟仪器系统的软件部分设计时,需要了解所开发的虚拟示波器的功能和性能,并确定应用程序和软面板程序的模块结构和功能,画出软件设计的流程图(见图2)。

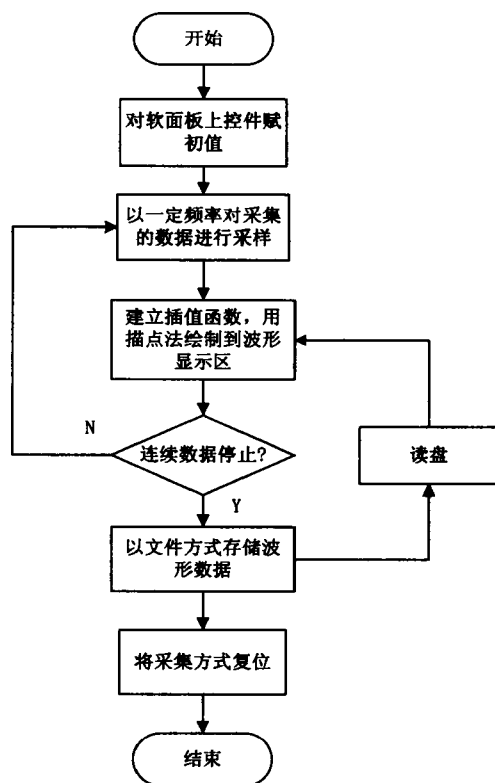


图2 虚拟示波器的软件设计流程

虚拟示波器的硬件部分完成了信号的采集与传输之后,通过 USB 总线送入计算机,大容量的缓存,可以在同样采集频率下保存较长的连续采样信号波形,便于分析处理。软件部分需从缓冲区通过一定频率的采样,读取处理器发送过来的数据流,并在波形面板上进行描绘,不断更新,从而实时地显示波形。同时,软件部分还需要实现对信号的测量及存储等功能<sup>[8]</sup>。以文件形式对采样数据进行存储,当连续的信号停止后还可对文件中的波形数据进行回放。

对于虚拟数字存储示波器具体功能要求如下<sup>[9]</sup>:

#### (1) 档位控制。

· 具有通道选择档位:本次软面板设计的是双通道示波器,每一个通道对应着一个按钮,选中按钮后,通道便被切换,可选择 CH1 或 CH2 或 CH1&&CH2,同时对各个通道的交直流进行了设置。

· 具有触发控制档位:包括触发通道、触发电平、触发沿和触发模式这四个控件。用于数据采集的触发信息。

· 具有幅值控制档位:主要控制各通道的幅值大小。

· 具有时基控制档位:主要控制采样频率和采样点数。

#### (2) 数据采集控制。

实现数据的采集控制,将采集数据从 DSO 硬件的存储器中读取到计算机的内存中,以一定的采样频率对数据进行采样,得到一组有序的数据,以便进行波形

的显示、分析及处理。

### (3) 数据读写功能。

读取已保存的数据,可直接打开存储的数据文件,将之前保存的波形在屏幕上进行回放,同时显示波形采集的相关参数。

写入波形资料,要将波形保存为波形文件,不仅要保存波形的有效数据,而且还要把波形采集的相关参数(如采集频率、幅度灵敏度档位等)保存下来,以便在以后打开时,能够获取该波形采集时的参数设置。

### (4) 波形的显示功能。

由于采集的数据个数有限,为了把这些数据进行标度变换后绘制成波形,必须把变换后的数据进行插值,建立插值函数,再根据插值函数计算出大量数值;用描点法在波形显示区的坐标系中绘制波形,同时为了实时的对显示出来的数据进行刷新,需要不停地读取、处理和显示数据,因此需建立一个线程,然后把读写、处理、显示程序放在线程函数里面,来完成信号的实时更新。

#### 1.2.2 各功能模块的具体实现

根据上节提出的示波器具体功能,DSO 软面板由各种初始化、波形数据采集、波形显示和文件数据读写等功能组成。

设计过程中,将界面设计与数据处理部分分开,用不同的类进行管理。界面设计部分包括三个模块,为 wavewidget(波形控件)、buttonwidget(按钮控件)和 controlwidget(控制控件)。数据部分则单独地使用 dataControl 模块来进行管理,各个模块设计完成之后,封装成组件,然后根据需要合适的组件装配成完整的应用系统,这样使得软件的结构更加容易调整,大大地提高了仪器的可重用性,并且具有良好的开放性和易扩展性<sup>[10]</sup>。

Wavewidget 为波形显示部分:

首先,通过 QPalette 对坐标系进行绘制;

void WaveWidget::paintEvent(QPaintEvent \*)//执行绘制函数

当对采集的数据进行绘制时,需要根据界面设置的幅值和时基大小进行刻度转换;

QPointF \* WaveWidget::coordinatesConvert(const QVector< QPointF>& points)

```
{
    int s = points.size();
    QPointF * result = new QPointF[s];
    for (int i = 0; i < s; ++i)
    {
        qreal dx = points[i].x() * 10 / xScale;
        qreal dy = points[i].y() * 10 / yScale;
        result[i].setX(dx + 50);
```

```
        result[i].setY(dy + size().height() - 50);
    }
    return result;
}
```

这样就完成了波形部分的绘制,读盘时从存储的文件中读取数据,通过插值函数计算出大量数据,并绘制出来。

Controlwidget 部分为数据采集模块,是虚拟示波器框图程序的中心,主要完成数据采集的控制,包括通道选择、触发控制、幅值控制和时基控制。

```
class ControlWidget : public QWidget
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit ControlWidget(QWidget *parent = 0);
signals:
    void ChangeXscale(double);
    void ChangeYscale(double); //发送信号,X,Y 刻度发生变化
    .....
public slots:
    void timeBaseValueChanged(int); //时基值变化
    void amplitudeValueChanged(int); //幅值变化
    void switchChannel(); //改变通道
    .....
private:
    void paintEvent(QPaintEvent *);
    .....
}
```

Buttonwidget 主要包括系统控制部分(“关闭”、“暂停/开始”、“采集”)、数据处理部分(即读盘、写盘等)和数据显示部分(显示频率、周期、有效值等)。

```
class ButtonWidget : public QWidget
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit ButtonWidget(QWidget *parent = 0);
signals:
    void quit(); //关闭整个界面
    void pause(); //暂停波形显示
    void start(); //继续波形显示
    void get(); //开始采集
    .....
public slots:
    void switchSP(); //暂停和继续波形显示按钮的切换
    .....
private:
    void controlSystemBox(); //系统控制部分
    void dataHandleBox(); //数据处理部分
    void showDataBox(); //数据显示部分
```

.....

利用 QT 中的控件扩展技术<sup>[11]</sup>可以绘制出虚拟示波器软面板,为了实时地更新波形数据,需要不断地进行重绘,这样会造成屏幕闪烁。系统为实现波形的高速刷新,采用了双缓冲技术,即把一个窗口渲染到一个脱屏 pixmap 中,然后再把这个 pixmap 复制到显示屏幕上,这样在屏幕显示的时候,只是简单的内存复制,不仅可以消除屏幕的闪烁,也会使界面更加清晰。

```
void refreshPixmap(); //调用 update() 函数,把像素重新绘制到屏幕外的映射上并更新显示
```

```
QPixmap pm; //保存整个窗口部件呈现的复制,和屏幕显示是一样的
```

至此,软面板界面设计部分已经完成,数据处理部分则是包括数据的接收与存储,波形数据通过 USB 接口获得后,根据用户的时钟频率来进行计算,通过信号与槽机制<sup>[12]</sup>将数据以数组的形式传给 WaveWidget,实现波形的显示。与此同时,可以对数据进行存储,保存在.txt 文件里。

## 2 测试

在设计完成之后,需对软面板进行测试,由信号源发出信号输入该虚拟示波器,观察软面板上波形的显示,并与输入的标准信号进行比较。结果显示,测试时若信号频率低于采样频率,则显示的波形与输入信号一致,若是信号频率高于采样频率,则测试的波形会出现失真。测试时输入信号为正弦波,峰值为 6V,频率为 250Hz,实际示波器采集的正弦波形与系统测得的

波形形状基本保持一致,如图 3 所示,输入三角波、方波等信号,得到结果也基本一致,示波功能正确实现。

误差分析,虚拟示波器测得的频率与理论频率数值相差 3Hz,频率误差达到 1.2%,和实际示波器测得的波形基本一致。

## 3 结束语

文中在分析实际示波器功能的基础之上,使用 Qt 作为开发平台,设计了一种双通道的虚拟示波器。当硬件部分完成各种波形数据采集之后,软件部分能够准确地实现波形显示和数据分析,同时具有很强的可移植性和人机互动性,界面清晰,并解决了高速刷新时闪烁的问题。基于组件化的虚拟示波器方便灵活,二次开发更加容易,实际测试结果表明,本系统能够很好地解决实际示波器所存在的弊端,具有良好的开放性和扩展性。

### 参考文献:

- [1] 徐 贲. 虚拟仪器技术已成为测试测量的主流技术[J]. 电子技术,2005(11):71-73.
- [2] Blanchette J, Summerfield M. C++ GUI Qt3 Programming [M]. Beijing:Beihang University Press,2006.
- [3] 汪 红. 基于组件的虚拟仪器软件系统设计[J]. 微型计算机信息,2001,17(1):76-77.
- [4] Qiu J F. Designing and realization of high-speed data processing card or virtual digital storage oscilloscope [J]. Electrical Measurement and Instrumentation,2001(6):40-42.

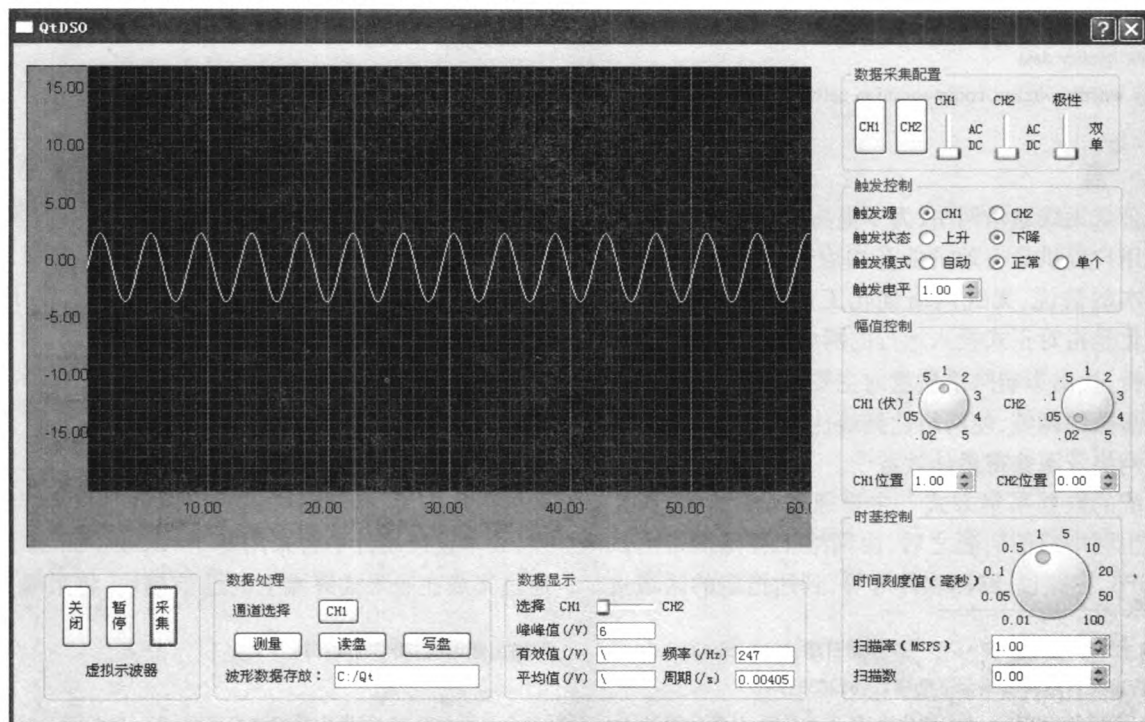


图 3 虚拟示波器采集的正弦波形

(下转第 229 页)

可以方便快捷地帮助工程师获取无线空口数据。根据一次语音呼叫流程,部分的测试文件采集到的数据记录如图 6 所示。

```
00 00 09 01 00 00 80 86-C0 DE C5 0D BB 00 02 01
11 00 09 01 00 00 20 00-00 00 FF 00 10 03 54 0D
0A 10 02 02 00 00 00 01-00 A7 00 00 00 01 01 00
00 00 00 00 00 00 00 00-00 DF 20 A1 DF D1 0D BB
00 28 00 63 00 24 00 63-96 98 7C 80 19 E0 F9 00
2B 02 19 E0 F9 2B 02 00-00 00 5C 67 01 FF 5E 37
0A 00 06 06 06 00 C9 00-04 02 00 10 03 81 0D 0A
10 02 03 00 00 00 01 00-A7 00 00 00 01 01 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00-DF 20 A1 DF D1 0D BB 00
28 00 63 00 24 00 63 96-98 7C 80 19 E0 F9 00 2B
02 19 E0 F9 2B 02 00 00-00 5C 67 01 FF 5E 37 0A
00 06 06 06 00 C9 00 04-02 00 10 03 82 0D 0A 10
```

图 6 语音业务数据采集样例

根据文件封装格式,每一次的数据帧以 0x10 0x02 开始,0x10 0x03 结束。每一帧的前 34 字节为自定义的附加信息,如 GPS 时间、GPS 坐标、SDGT 编号等。每一帧的 35 字节到帧结束为采集到的空口协议的原始数据。参照 3GPP2 协议文档<sup>[6~12]</sup>,根据匹配原则,可分析出该数据为具体的信令。

4 结束语

文中提出了一种基于嵌入式操作系统的数据采集终端,经过测试,该终端在网络优化中定点和移动测试中稳定可靠,通过重现语音或数据业务准确采集无线公网空口数据并进行分析封装。在无线通信网络优化

工作中使用该终端,可以以较少的人力物力资源获得大量实时的测试数据,提前发现和解决网络问题。

参考文献:

[1] 刘建成. 移动通信技术与网络优化[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.

[2] 戴美泰,邵世祥. GSM 移动通信网络优化[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

[3] 米乾宝,张 科,吕梅柏. 无线通信网络优化的自动路测系统设计[J]. 测控技术,2007,26(10):16-17.

[4] 刘亚枫. 话务统计分析在网络运行中的重要性[J]. 铁道通信信号,2006,42(12):48-50.

[5] 中国电信 2009 年 EVDO 网络优化技术白皮书[M]. 出版地不详:中国电信集团无线网络优化中心,2009.

[6] CDMA Dual-Mode Subscriber Station Serial Data Interface Control Document[S]. 80-V1294-1 Rev. L,2003.

[7] Upper Layer(Layer3) Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems[S]. 3GPP2 C. S0005-E\_v1.0,2011.

[8] Introduction to cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems[S]. 3GPP2 C. S0001-E\_v3.0,2011.

[9] Physical Layer Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems[S]. 3GPP2 C. S0002-E\_v2.0,2011.

[10] Medium Access Control(MAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems[S]. 3GPP2 C. S0003-E\_v3.0,2011.

[11] Signaling Link Access Control (LAC) Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems[S]. 3GPP2 C. S0004-E\_v3.0,2011.

[12] cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification[S]. 3GPP2 C. S0024-B\_v3.0,2009.

(上接第 221 页)

[5] 王 磊,陶 梅. 精通 LabVIEW 8.0[M]. 北京:电子工业出版社,2007:68-90.

[6] 赵洪亮. 一种实用任意波形信号发生器的设计[J]. 仪表技术,1999(2):14-18.

[7] Kohout S, Roos J, Keller H. Automated operation of a home-made torque magnetometer using LabVIEW[J]. Measurement Science and Technology,2005(2):2240-2246.

[8] 乔建良,黄大勇. 虚拟仪器的现状及应用前景[J]. 信息技术

术,2002(10):94-95.

[9] 于 洁. 基于虚拟仪器界面的信号发生器的设计与实现[J]. 机械与电子,2004(9):65-67.

[10] 黎国栋. 信号发生器专业基础知识问答[J]. 上海计量测试,2004(5):72-73.

[11] Ma Tianbing, Du Fei, Fang Chuanzhi. Sensors State Monitoring Based on LabVIEW and Wireless Nodes[J]. Procedia Engineering,2011(15):2639-2643.

(上接第 225 页)

[5] 林海军,杨 萍. 基于 USB2.0 的虚拟数字示波器的设计[J]. 电测与仪表,2008(9):37-41.

[6] 邱 宁. 基于 USB 接口的高性能虚拟示波器[J]. PC 机与单片机,2002(12):874-877.

[7] Liu Chuanqing, Hu Rongyu. Design Technology of Virtual Instrument Software Panel[J]. Journal of Xiangfan University, 2002(5):14-17.

[8] 高 琴,陈树君,王续明. 多功能虚拟示波器的设计与实现

[J]. 通信技术,2010,43(4):217-219.

[9] 朴成日,崔汉国,高 诚. 多功能虚拟仪器软面板的设计与实现[J]. 海军工程大学学报,2006(6):82-85.

[10] 陈景波. 基于高速数据采集卡的虚拟示波器设计[D]. 西安:西北工业大学,2005.

[11] 芦东昕,周建彬. 基于 Qt/Embedded 的控件扩展研究与实现[J]. 计算机技术与发展,2006,16(10):97-100.

[12] 赵拯宇. 基于 Qt/Embedded 和 Qtopia 的嵌入式 GUI 研究与实现[D]. 太原:太原理工大学,2009.

# 基于Qt的虚拟示波器的软面板设计

作者:

汪思静, 程志强, 熊菡, WANG Si-jing, CHENG Zhi-qiang, XIONG Han

作者单位:

武汉科技大学计算机学院, 湖北武汉, 430065

刊名:

计算机技术与发展 

英文刊名:

Computer Technology and Development

年, 卷(期):

2013, 23(7)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201307057.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201307057.aspx)