

# 基于 TMS320C5509 DSP 的无线语音传输采集传输系统

Implementations of An Wireless Audio Acquisition and Transferring System with TMS320C5509

(上海理工大学)孙红 张涛

SUN HONG ZHANG TAO

**摘要:** 本文简单介绍一种运用 TLV320AIC23 和 nRF2401 来实现无线语音采集系统的设计,介绍了芯片 TLV320AIC23 和 nRF2401 的主要特点和功能,设计了 TLV320AIC23、nRF2401 和 DSP 的接口电路,实现了对语音的采集和无线传输,为解决语音采集和传输问题提供了一种参考方法。

**关键词:** 音频采集;TMS320C5509;I2C;nRF2401

**中图分类号:** TP27

**文献标识码:** A

**Abstract:** A novel implementations of an wireless audio acquisition and transferring system is introduced in this paper, which based on TLV320AIC23 and nRF2401. Discussed in this paper are the method of wireless audio acquisition and transferring system, the main functions of TLV320AIC23 and nRF2401, the interface circuit of TLV320AIC23, nRF2401 and DSP. It realize the an wireless audio acquisition and transferring, give a reference of audio acquisition and transferring system.

**Key words:** Audio Acquisition Wireless Transfer;TMS320C5509 ;I2C ; nRF2401

技  
术  
创  
新

## 引言

在音频信号处理过程中,由于其数据量大,语音处理算法复杂,适时性要求比较高,实现成本也相应较高。基于以上特点,本着先进性、科学性、稳定性、经济性相统一的原则进行了一种设计简单,成本较低,适用面广的无线语音传输采集传输系统,可以满足无线耳机,小范围内的广播,教室教学系统等等的应用,取得了较好的效果。

## 1 无线音频采集系统及其原理框图

在本设计中,系统以 DSP 为核心,由音频模块,接收/发送模块两部分组成,整个系统实现的原理框图如图 1 所示。DSP 选择 LQFP 封装形式的 TMS320VC5509, TMS320VC5509 是 TI 公司近年来推出的第一款以降低功耗为主的高速 DSP 芯片,其内核电压仅为 1.5V,适用于低功耗便携设备中。TMS320C5509 具有多种接口,同时可以配置大容量的 SDRAM。

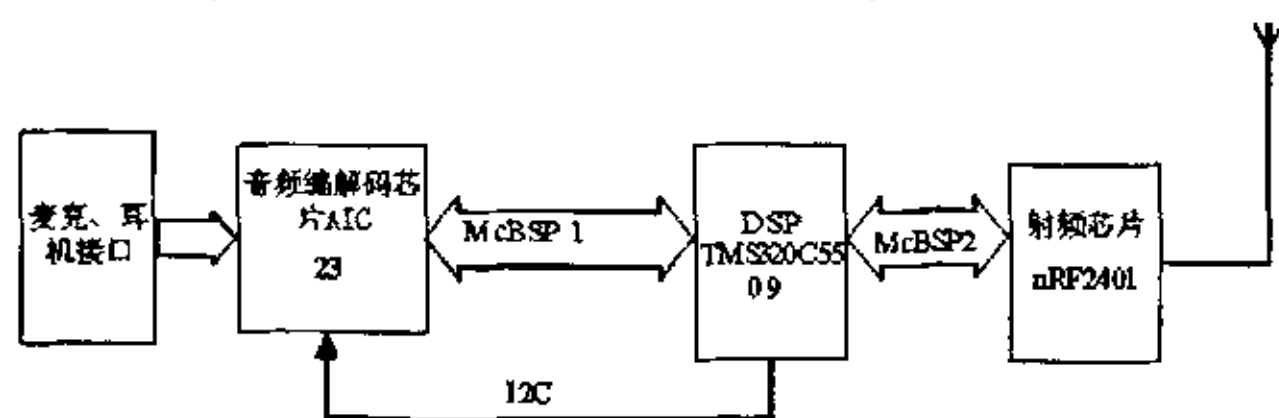


图 1 无线语音采集系统框图

音频部分以 TLV320AIC23 为主。TLV320AIC23 简介 TLV320AIC23(以下简称 AIC23)是 TI 推出的一款高性能的立体声音频 Codec 芯片,内置耳机输出放大器,支持 MIC 和 LINE IN 两种输入方式(二选一),且对输入和输出都具有可编程增益调节。AIC23 的模数转换(ADCs)和数模转换(DACs)部件高度集成

在芯片内部,采用了先进的 Sigma-delta 过采样技术,可以在 8K 到 96K 的频率范围内提供 16bit、20bit、24bit 和 32bit 的采样,ADC 和 DAC 的输出信噪比分别可以达到 90dB 和 100dB。与此同时,AIC23 还具有很低的能耗,回放模式下功率仅为 23mW,省电模式下更是小于 15uW。由于具有上述优点,使得 AIC23 是一款非常理想的音频模拟 I/O 器件,可以很好的应用在随声听(如 CD,MP3)、录音机等数字音频领域。

无线部分以 Nordic 公司的 nRF2401 芯片为主,nRF2401 无线收发一体芯片和蓝牙一样,都工作在 2.4GHz 自由频段,能够在全球无线市场畅通无阻。nRF2401 支持多点间通信,最高传输速率超过 1Mbit/S,而且比蓝牙具有更高的传输速度。它采用 SoC 方法设计,只需少量外围元件便可组成射频收发电路。

## 2 音频采集和数据发送的具体实现

### (1) 语音采集流程图

语音模块由 TLV320AIC23(在本文中简称 AIC23)和 DSP 及相应外围电路组成,AIC23 有很多可编程的寄存器,外围设备通过控制接口向 AIC23 单向传输控制命令,AIC23 片内的所有控制寄存器均由控制接口修改。通过向控制接口发送命令,外围设备可以方便的修改 AIC23 片内控制寄存器,从而实现对 AIC23 工作模式的控制,如 AIC23 增益控制、音频输入通道选择、改变数字音频接口工作模式等操作。

在这个实现中,简单利用 DSP 的一个 McBSP 用 SPI 模式跟 AIC23 连接。采用 SPI 模式的电路时序比较简单,控制方便而且传输效率高。在数字音频接口电路中使用以下信号实现串行传输时序:

① BCLK—数字音频接口时钟信号(bit 时钟),当 AIC23 为从模式时(通常情况),该时钟由 DSP 产生;AIC23 为主模式时,该时钟由 AIC23 产生;

② LRCIN—数字音频接口 DAC 方向的帧信号。

③ LRCOUT—数字音频接口 ADC 方向的帧信号。

孙红:副教授 硕士生导师

④DIN—数字音频接口 DAC 方向的数据输入。

⑤DOUT—数字音频接口 ADC 方向的数据输出。

在进行数据传输时,BCLK 信号作为串行时钟决定着串行传输速率。在 LRCIN 信号的同步下,音频数据由 DIN 信号携带从外围设备传入数字音频接口;在 LRCOUT 信号的同步下,音频数据由 DOU 信号携带从数字音频接口传向外围设备。AIC23 的连接原理图如图 2:

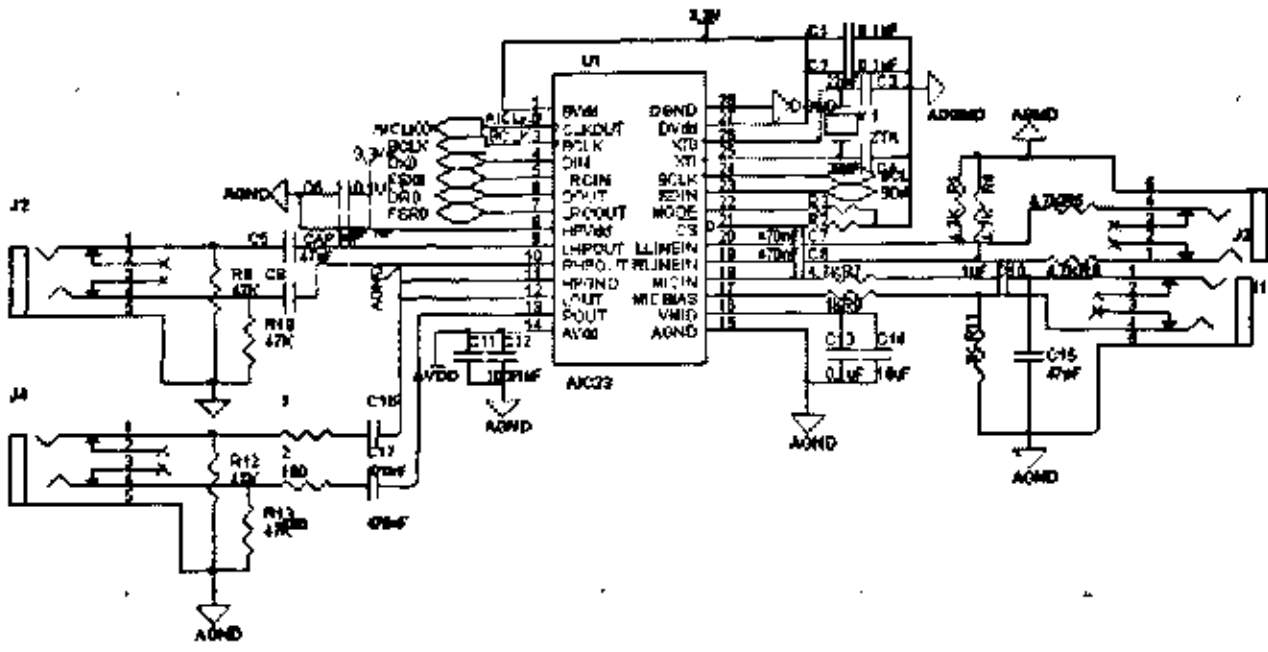


图 2 TLV320AIC23 连接图

TMS320VC5509DSP 集成了 I2C 总线接口模块,在本系统中我们通过 I2C 总线来初始化 AIC23 可编程的寄存器。AIC23 与 TMS320VC5509 的连接如图 3:

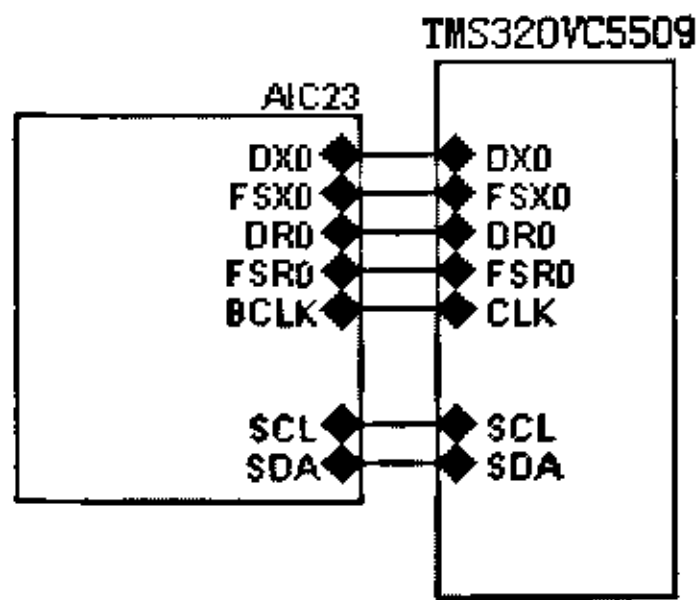


图 3 AIC23与TMS320VC5509的连接

在程序的实现中,通过 SCL 库的配置结构体对象和配置函数可以很方便快捷地使用 C 语言实现对 McBSP 和 I2C 进行配置,加快了程序开发的速度,提高了效率。SCL 函数库是 TI 提供的一系列函数和结构体的集合,使用快捷、方便。SCL 库的配置有两种方法,一种是 GCONF,即图形化配置方式,是通过使用 BIOS 来使用 SCL 库。首先在 BIOS 中创建一个配置对象,接着将该配置对象绑定在相应的片上资源上,然后在程序中调用相应函数进行相关赋值取值等操作即可。另外一种方法就是 TCONF,也就是文本配置方式,是通过直接调用相应的函数来实现,在这个实现过程中需要加入相应的 SCL 库文件,包含相应的片上资源的头文件。两种配置方式各有优缺点,使用 GCONF 简单、方便、明了,但是需要使用 BIOS,需要掌握的知识较多,而且增加了程序代码,使程序不易读和修改;使用 TCONF 操作复杂,配置效率比较低,但可以减小程序代码。TI 推荐使用 GCONF,在本设计中为了达到解决问题的目的,使用的是 TCONF。首先定义一个 I2C\_Config 配置结构体对象, I2C\_Config 为库中定义的 I2C 配置结构体,然后调用 I2C\_config 配置函数,通过结构体来初始化相应寄存器,接着开始 I2C 和向 I2C 写数据,最后停止 I2C。配置串口 McBSP 的过程也相类似。配置程序如下:

```
static const I2C_Config AUDIO5509I2C_Config = {0, 0, (20-
```

5), (20-5), 1, 0,0x4620, (75-1), 1};//定义一个 I2C\_Config 配置结构体对象,I2C\_Config 为库中定义的 I2C 配置结构体

I2C\_config(&AUDIO5509I2C\_Config);//I2C\_config 配置函数,通过结构体来初始化相应寄存器

I2C\_start(hI2C);//开始 I2C

I2CDELAY(DELAY\_TIME);//延时

//////////向 I2C 写数据//////////

for(i = 0; i<numBytes; i++) {

while(! I2C\_xrdy(hI2C));

I2C\_writeByte(hI2C, \*data ++);

I2CDELAY(DELAY\_TIME); }

I2C\_sendStop(hI2C); //停止 I2C

需要注意的是在设计电路的过程中,参考时钟可以由片内振荡器产生,也可直接从 XT1/MCLK 引脚输入。由于 AD 和 DA 转换中采样率的需求,时钟模块的输入参考时钟并不是任意的,必须在 AIC23 所能支持的 12.288M、11.2896M、18.432M、16.9344Mz 等频率中选择。

(2) DSP5509 与 nRF2401 接口原理图

在音频采集模块中,AIC23 为采样速率 8KHz 和 16bit 采样,码元速率为 128Kbps,在本设计中选用 nRF2401 是单片无线收发一体芯片,它具有高速率 1Mbps,具有高数据吞吐量;极少的外围元件,只需一个晶振和一个电阻;发射功率、工作频率等所有工作参数全部通过软件设置完成;1.9~3.6V 电压,满足低功耗设计需要;2.4G 无线键盘参考设计连接方便,可以实现和 DSP 的 McBSP 的无缝连接等等优点。SPI 接口相比较 NRF2401 只有一个 DATA 数据端口与之对应。所以将 DSP5509 的 McBSP 接口 BDR2 和 BDX2 接 33 的电阻出来,另一端接到 NRF2401 的 DATA 端口,以实现阻抗匹配和隔离,达到抑制 EMI 和 SI 的目的(如图 4)。

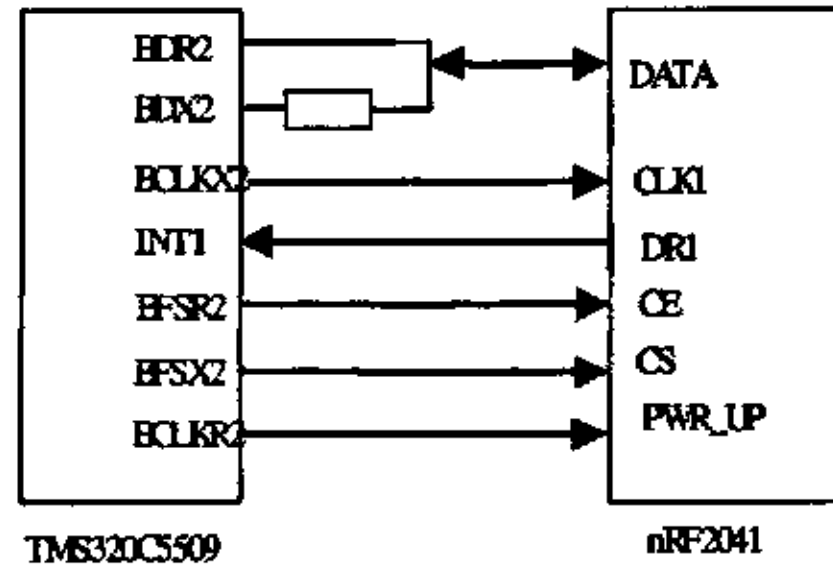


图 4 硬件连接示意图

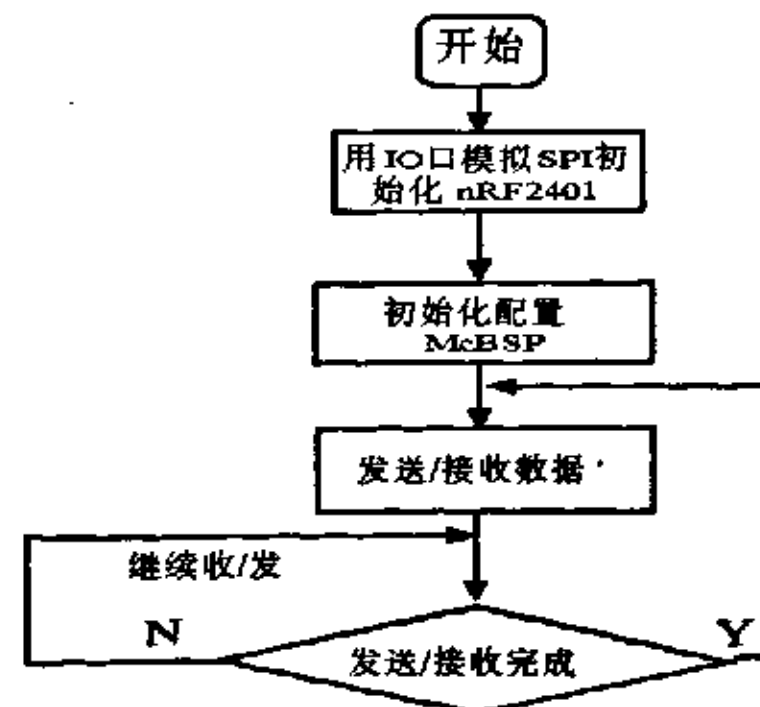


图 5 软件流程示意图

在软件设计的过程中,需要注意的是,因为在使用 SPI 进行数据传输的过程中会有误码产生,如果 DSP 直接用 SPI 的方式对 nRF2401 进行初始化会导致初始化失败,所以采用先将 DSP 片

技术创新

上 McBSP 配置成普通 I/O 口(GPIO),以较慢的发送速率完成 NRF2401 的初始化工作,然后再将 DSP 的 McBSP 配置成 SPI 接口并且初始化 SPI 寄存器。这样可以保证对 NRF2401 芯片的配置字准确无误,系统软件设计的流程图如图 5。整个配置过程也是通过调用 SCL 库里相应函数来完成相应操作的。

### 3 结束语

采用系统的这种设计,充分利用了 TMS320C5509 丰富的片上外设,方便地实现对语音芯片 AIC23 和单片无线收发芯片 NRF2401 的连接,使用 TI 公司提供的片级支持库(SCL),能够快速方便地对外设进行配置,方便地开发驱动程序,使得配置能显著地提高对 NRF2401 的配置成功率和系统的数据传输速率。配合一定纠错办法,我们在点对点的无线数据传输中采用实现了这个系统。本文创新点在于,这种接口为嵌入式系统的无线数据传输提供了一种比较实用且经济的解决方案,可以广泛的应用于满足无线耳机,小范围内的广播,教室教学系统等等的应用,能够达到满足需要的要求。

#### 参考文献

- [1]Sen M.Kuo Bob H.Lee. Real-Time Digital Signal Processing Implementations, Applications, and Experiments with the TMS320C55x.[M]影印本.北京:清华大学出版社,2003 年 12 月. 36-63.
- [2]彭启琮,管庆.DSP 集成开发环境——CCS 及 DSP/BIOS 的原理与应用.[M]电子工业出版社,2004 年 7 月.304-350.
- [3]陈天麒.C/C++语言硬件程序设计——基于 TMS320C5000 系列 DSP.[M]西安:西安电子科技大学出版社,2003 年 5 月.77-147.
- [4]马华红,盛煜,张榆锋,施心陵.汉明码在提高 NRF2401 无线数据传输可靠性中的应用.[M]生物医学工程研究 [J],2004,(2):98-101
- [5] 吴振纲,陈虎.PLC 的人机接口与编程 [J] 微计算机信息, 2005,8-1:21-23

作者简介:孙红:1964 年 7 月生,性别:女上海理工大学计算机学院信息教研室副教授、硕士生导师。研究方向:决策支持系统,信息管理系统等;张涛(1982-),上海理工大学计算机学院 04 级研究生。

**Biography:**Sun Hong (1964-), Gender: Female, ,ShangHai, The University Of ShangHai For Science And Technology ,Tutor, Compute science, The Information Management System etc.

(200093 上海 上海理工大学计算机学院)孙红 张涛

通讯地址:(200093 上海市 军工路 516# 上海理工大学计算机工程学院信息教研室)孙红

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)

(上接第 193 页)

#### 参考文献:

- [1]胡广书《数字信号处理:理论与实现》,清华大学出版社,1997
- [2]陈峰《Blackfin 系列 DSP 原理与系统设计》,电子工业出版社,2004
- [3]刘泉,阙大顺《数字信号处理原理与实现》,电子工业出版社,2005
- [4]罗军辉,罗勇江《Matlab7.0 在数字信号处理中的应用》,机械工业出版社,2005
- [5]ADSP-BF533 Blackfin™ Processor Hardware Reference, 2003,
- [6]闫健恩,许海燕,林建秋.基于 ADSP-Blackfin533 的 H.264 视频编码器的实现[J]微计算机信息,2006,5-1:27-29.

作者简介:张宇,女,1982 年出生,四川眉山人,现为军械工程学院光学与电子工程系硕士研究生,主要研究方向为信号与信息

处理;何强,男,1972 年出生,河北石家庄人,现为军械工程学院光学与电子工程系副教授,硕士生导师,其主要研究方向为雷达信号处理、高速实时信号处理和模式识别。

**Biography:**Zhang yu, female, born in 1982, Mei Shan Si Chuan, is now a master student in Ordnance Engineering College. Her research is about the signal and information processing;He Qiang, male, born in 1972, Shi Jiazhuang He bei, is now an associate professor and master student tutor in Ordnance Engineering College. His research is mainly about radar signal processing, speech signal processing and pattern recognition.

(050003 河北石家庄 军械工程学院光学与电子工程系)张宇何强

通讯地址:(050003 河北 河北省石家庄市和平西路 97 号雷达教研室)张宇

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)

(上接第 195 页)

当  $T_1$  定时器时间到,CPU 相应该中断请求时,向接口电路输出低电平,并把预先计算好的  $t_{\text{on}}$  做为定时时间常数送入定时器  $T_3$  并启动  $T_3$ ,同时启动  $T_1$ 。当  $T_3$  定时时间  $t_{\text{on}}$  到 CPU 相应该中断请求时,向接口电路送出高电平,并把预先计算出的  $t_{\text{off}}$  作为定时时间常数送入定时器  $T_3$  并启动定时器,当  $T_3$  定时时间  $t_{\text{off}}$  到,CPU 相应中断请求时,只向接口电路送出低电平即可。CPU 等待三角波的下一个周期,即  $T_1$  定时时间到,以产生下一个脉冲。

### 4 结论

利用 DSP 本身的 PWM 波硬件生成及输出电路,极大地方便了控制系统的开发,利用 DSP 的高速运算能力,还可以进一步提高载波比  $N$ ,以使得输出信号的波形更佳。

本文作者创新点是利用 TMS320DSPLF2407 控制器,依据不对称规则采样法载波频率和载波比设置相应的定时周期寄存器 T1PER 的值和设置当前全比较寄存器 CMPR<sub>x</sub> 的值,通过编程产生更接近于正弦波的 SPWM 波形。

#### 参考文献:

- [1]刘和平.TMS320LF240x DSP 结构.原理及应用.[M],北京:北京航空航天大学出版社,2003.3.
- [2]卢慧芬.基于 DSP 的 SPWM 控制波形生成的一种方法.机电工程.2002,19-5 :30-33.
- [3]李华德.交流调速控制系统.[M],北京:电子工业出版社,2003.3
- [4]何明星,郑琼林. MAX7000 系列可编程器件在 DSP 系统设计中的应用. 微计算机信息 2003,19-6:25-26.

作者简介:张利新:(1972~)男,内蒙古凉城县人,学士,实验师,主要研究方向:计算机应用;袁红霞:(1974~)女,内蒙古凉城县人,硕士,助理,研究方向:控制理论和控制工程。

**Biography:**Zhang lixin(1972~)Male ,LiangCheng Inner Mongolia, Bachelor, Laboratory technician, Major:Computer application; (014010 内蒙古 内蒙古科技大学实践训练中心)张利新 (014010 包头 包头钢铁设计研究总院)袁红霞

通讯地址:(014010 包头 包头市内蒙古科技大学实践训练中心)张利新

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)