

# 基于 TMS320F28335 的莫尔斯报训练器设计

侯者非, 王宏志, 王云鹏

(空军大连通信士官学校, 辽宁 大连 116600)

**摘要:** 针对当前莫尔斯报训练器存在的使用不便、适应性差、识别率和识别速度低等问题, 设计了一种基于 TMS320F28335 DSP 的莫尔斯报训练器, 具有发报、收报训练功能, 识别结果可由液晶显示屏 LCD12864 实时显示或回送电脑, 通过侧音产生电路产生反馈给操作者的监听音; 由于采用动态自适应模糊聚类识别算法, 提高了识别准确性和适应性, 可以在 5~100 码/分的速度下正确识别莫尔斯码; 应用结果表明, 该训练器运行稳定可靠, 识别速度快, 具有一定的实用性和推广价值。

**关键词:** 莫尔斯报; TMS320F28335; 点划码; 识别算法

## Design of Morse Code Training Equipment Based on TMS320F28335

Hou Zhefei, Wang Hongzhi, Wang Yunpeng

(Dalian Air Force Communication NCO Academy, Dalian 116600, China)

**Abstract:** Aiming to solve the problem of inconvenience of using, poor adaptability, low recognition rate and low recognition speed, a new training equipment based on TMS320F28335 is designed to fulfill telegraph sending and receiving training, the identification result is displayed by LCD or transmitted to PC in real-time. The circuit generates monitoring sound fed back to operator. The recognition algorithm is improved by using fuzzy clustering algorithm, the recognition accuracy and adaptability is improved. The training equipment can recognize Morse Code at a speed of 5 ~ 100 WPM. The application shows that the equipment is stable and reliable, recognition speed, has a certain practicality and promotional worthy.

**Keywords:** Morse code; TMS320F28335; dot-dash code; recognition algorithm

## 0 引言

目前莫尔斯报训练器可以分为两种<sup>[1]</sup>: 一是基于 PC 机, 存在成本高、携带不便等缺点; 二是基于单片机, 受到单片机的运算能力和处理速度限制, 设计者必须在识别速度、准确性、算法复杂性上进行折衷。本文设计了一种莫尔斯报训练器, 具有识别速度快、适用性强、智能化、使用方便及成本低的优点, 既可单机使用, 也可联网使用, 完全能够满足报务人员进行发报和收报训练。

## 1 系统方案设计

尽管各种通信手段和方式不断涌现, 但莫尔斯电报, 尤其是传统的人工拍发方式, 一直被认为是保底通信手段, 以其可靠性、便携性、顽存性在军事、航空、航海及气象通信等领域仍然无法被完全替代。莫尔斯码是以长短信号及间隔的不同组合代表数字、字母等字符, 其短音用“·”表示, 读作“嘀”, 长音用“—”表示, 读作“哒”; 间隔一般分码间隔、字间隔、词间隔。码间隔是指构成字符的基本码(点、划)之间的间隔; 字间隔是指单个字符与字符间的间隔; 词间隔是指有特定意义的字符组之间间隔。按一般规定通常点、划长度比一般为 1:3, 码间隔、字间隔、词间隔比为 1:3:5。

整个系统主要完成电键信号拾取、电码识别、结果显示、侧音产生以及结合评估等功能, 其中电码识别和综合评估相对

复杂。本文选用 TMS320F28335 (以下简称 F28335) DSP 为核心处理器。F28335 是 TI 公司 Delfino 系列中的一员, 是由 C2000 DSP 发展来的一款 32 位浮点型数字信号处理器, F28335 主频最高可达 150 MHz, 片内具有 256 K×16 位闪存, 34 K×16 字节 SARAM, 并内建脉宽调制输出 (PWM)、增加型事件捕捉输入 (eCAP)、定时器、SPI、McBSP、UART、12 位 ADC 等丰富的外设接口, 在通信、信号处理、工业控制等领域得到了广泛的应用。

训练器硬件以 F28335 为核心<sup>[2]</sup>, 系统框图如图 1 所示, 训练器具有抄报和发报两种训练方式。

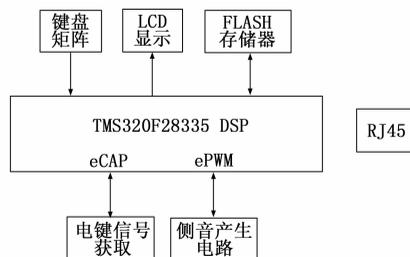


图 1 训练器硬件设计框图

### 1.1 抄报训练

抄报训练是训练器将外部 FLASH 存储器中的格式化报文或者通过 RJ45 接口读取服务器中的报文实时翻译为点、划和间隔码, 并在此信号的控制下发出 500~1 000 Hz 频率可调的单音, 报务人员通过耳机或扬声器监听并同时记录报文。

收稿日期: 2013-12-21; 修回日期: 2014-04-26。

作者简介: 侯者非(1976-), 男, 辽宁抚顺人, 工学博士, 主要从事微弱信号检测与智能信号处理方面的研究。

## 1.2 发报训练

发报训练是指报务人员根据指示的一组报文进行拍发, 训练器对携带信息的电键信号进行采集、处理, 识别出莫尔斯码, 并对拍发质量进行评估, 识别和评估结果可在 LCD 上显示或通过上传服务器。

## 2 电键信号获取及侧音产生电路

TMS320F28335 具有强大的数字信号处理功能, 而且由于其集成了丰富的外设使训练器实现更为简便。

### 2.1 电键信号获取

电键信号获取电路如图 2 所示, 电键信号经过光耦隔离 (KEY) 送至 DSP 的 eCAP 端。在发报训练中, 当电键抬起时, KEY 点输出高电平, 表示间隔信号; 当电键按下时, KEY 点输出低电平, 表示点划信号。

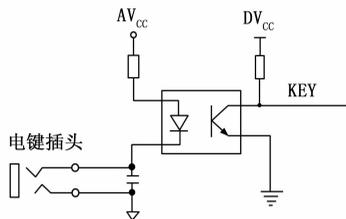


图 2 电键信号获取电路

为了消除高低电平交替变换过程中可能出现的毛刺和抖动, 这里利用 DSP 的增强捕捉 (eCAP) 模块, 对毛刺和抖动进行滤除。

### 2.2 侧音产生电路

电键信号的拍发过程中还需提供电键音反馈给操作者 (即侧音)。这里利用 DSP 的增强型脉冲宽调制器 (ePWM) 模块, 在电键按下时, 产生 500~1000 Hz 的方波, 然后通过低通滤波、低频功率放大器后, 由耳机或喇叭输出。

## 3 自适应模糊聚类识别算法

发报训练时, 利用 DSP 的 eCAP 口在对电键信号高低电平时间宽度进行测量的同时还可以滤出一些毛刺或干扰, 再根据高 (点或划)、低 (间隔) 电平持续时间, 通过识别算法解析出 Morse 码符号, 并给出拍发速度、综合评分等相关信息。

### 3.1 Morse 信号自动识别技术的研究现状

从 20 世纪 80 年代以来, Morse 电报码的自动检测和识别就成为热门的课题, 它们的主要算法有<sup>[3-4]</sup>:

1) 冈瑟算法。先依据开始接收的一些脉冲、间隔, 建立起初始的用于区分点、划的脉冲平均值和用以区分 3 种间隔的门限值。以后每接收一个新的脉冲或间隔值, 就对相应的门限进行一次修正。

2) 相对比较法。通过字符中两相邻符号时间长度的相对关系进行判别, 对相同基本码组成的字符则借助一参考的时间单位作为标准。

3) 绝对比较算法。主要原理是依据一参考的时间单位作为判决。

4) 概率分区法。主要原理是根据基本码和各间隔在信息中出现概率的不同, 对基本码信号分 2 个时间区判别, 对间隔

分 4 个时间区判别。

以上算法适应性较差, 尤其是相对比较算法和绝对比较算法, 很难找到一个有效的参考时间单位。因为人工发报时, 每个发报员手法的不同, 以及发报熟练程度的不同, 拍发出的各信号比值有一定差异, 而且信号的时间长度也没有固定的标准。如果使用某一固定的时间长度作为划分标准, 则必然导致局限性很大, 也就失去了通用的意义。

本文采用自适应模糊聚类算法, 对拍发的 Morse 码进行自动识别与评估。

### 3.2 自适应模糊聚类识别算法描述

模糊聚类分析弥补了传统 ABC 分类的不足, 在没有先验知识的情况下, 按照研究对象在性质上的亲疏关系进行模糊分类。

模糊聚类算法首先选择某种样本相似性度量和适当的聚类准则函数, 使用迭代算法, 在初始划分的基础上, 逐步优化聚类结果, 使得类间的相似性尽量小, 而类内的相似性尽量大, 从而得到在某种判别准则之下的最佳分类<sup>[5]</sup>。

信号类别划分译码的关键是, 首先要识别出点信号, 根据点信号识别出划信号; 间隔中, 先识别出码间隔, 再进一步识别出字间隔和词间隔。

以下以点划码识别为例, 介绍该算法核心:

1) 算法初始化。存储的一定长度的高电平持续时间长度数组 (记为  $S_1, S_2, \dots$ , 对应高电平的持续时间为  $t_1, t_2, \dots$ ), 根据莫尔斯码的组成特点, 在一组电码中一定包含有点信号, 而且最小值就是点信号。考虑到个别异常数据的影响, 取三个最小值的平均值做点码时长初值 (记为  $t_d$ ), 设置划码时长初值为  $t_h = 3 * t_d$ 。并设置聚类中心  $S_d (t_d)$  为点码, 聚类中心  $S_h (t_h)$  为划码。

2) 点划判断及聚类中心值修正。分别计算点  $S_1$  到  $S_d$  的距离  $D_{1d} = |t_1 - t_d|$ , 计算相对偏差:

$$d_{1d} = \frac{D_{1d}}{S_d} \times 100\% \quad (1)$$

根据相对偏差  $d_{1d}$  与预设阈值  $D_d$  (根据经验值) 相对大小关系, 判断  $S_1$  是否属于点。若  $d < D_d$ , 则  $S_1$  属于点码, 并修正聚类中心  $S_d$ , 这里采取滑动平均算法进行修正 (即在固定长度的滑动窗内的算术平均值作为各类的中心)。否则若  $d \geq D_d$ , 则判断  $S_1$  点是否属于聚类中心  $S_h$ , 即  $S_1$  是否是划码。同理, 若相对偏差  $d_h < D_h$ , 则  $S_1$  属于划码, 并修正聚类中心  $S_h$ 。若  $S_1$  既不属于点码  $S_d$ , 也不属于  $S_h$ , 则报错提示信息“点划无法识别”。

再进一步判断点划比例: 比较聚类中心  $S_d$  与  $S_h$  的距离关系, 是否满足条件:  $2 * t_d < t_h < 4 * t_d$ 。若不满足, 报错提示信息“点划比例错误”。

依此类推, 对所有点计算其到点中心、划中心的距离及其相对偏差, 并与预设阈值比较, 决定归属, 剔除孤点, 修正聚类中心, 以及判断点划比例。

3) 间隔判断及聚类中心值修正。与点划判断类似, 在低电平持续时间数组中, 识别出码间隔 (码间隔、字间隔、词间隔) 的拍发情况, 并提供相关拍发信息。

4) 译码。通过查表法, 将拍发的点划翻译成相应的报文, 并在 LCD 上显示或发送至上位机。报文识别算法简化流程如图 3 所示。

### 3.3 拍发质量的评估

训练器具有实时显示拍发速度和拍发质量功能, 其中拍发质量与以下参数有关:

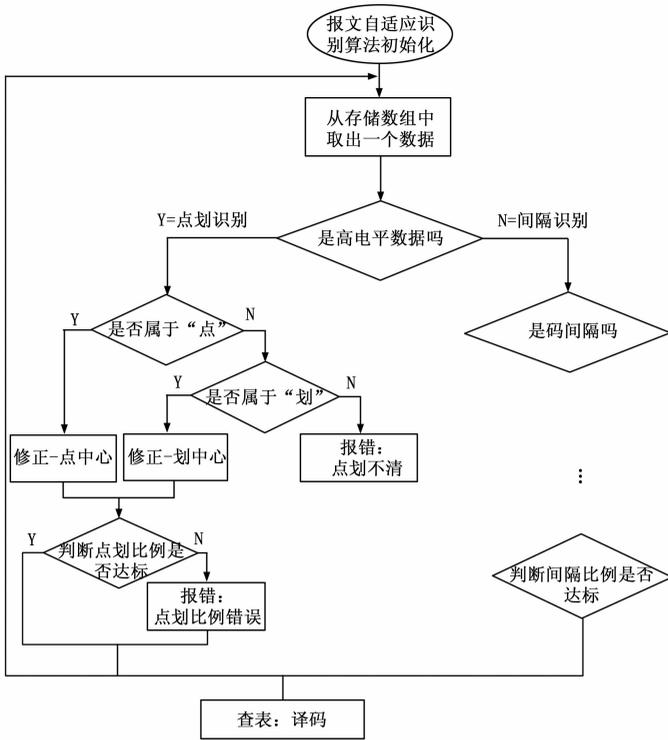


图 3 报文识别算法简化流程图

1) 拍发错码数量。在滑动窗内计, 点划无法识别、间隔错误的数量。

2) 拍发的一致性。点、划、间隔的一致性, 用各自方差的均值来衡量。

3) 拍发标准性。通过计算点、划码, 码间隔、字间隔、词间隔时长的相互比例关系, 与标准比例 1: 3, 1: 3: 5 的偏差。

### 4 结语

设计的莫尔斯报训练器可单机、连网使用, 识别结果、成绩评定直接在 LCD 上显示, 也可上传到服务器上, 使用方便灵活。算法识别速度快, 错码率低, 在算法跟踪速度和识别准确度间取得了良好的平衡。经报务人员大规模使用, 证明在 100 码/分条件下误识别率小于  $10^{-4}$ , 效果良好。

#### 参考文献:

- [1] 杨路刚, 陈 斌, 王永斌, 等. 基于 MSP430 的莫尔斯报训练装置设计 [J]. 现代电子技术, 2009, 32 (9): 8-10.
- [2] 莫 莉, 董万福, 喻洪平. 基于 TMS320F2812 的液晶显示模块接口设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (2): 407-409.
- [3] 岳喜才, 郑崇勋. 基于离散 Gabor 谱的短波电报信号检测 [J]. 数据采集及信号处理, 1995, 11 (4): 317-320.
- [4] 张汝波, 何立刚, 李雪耀. 强噪声背景下莫尔斯信号的自动检测与识别 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27 (1): 113-117.
- [5] Yang C H, Jin L C, Chuang L Y. Fuzzy support vector machines for adaptive Morse code recognition [J]. Medical Engineering & Physics, 2006, 28: 925-931.

(上接第 2646 页)

可能出现字节间隔不等的情况, 这种情形中信息流被截断, 被程序分几次接收。本文提出的方法有效地解决了这一问题。异步通信模式由于其十分简单, 应用范围广泛, 因此要根据实际情况使用符合应用实情的方案。文中提出的解决方法可以应用于通信双方约定了通信长度的情况中; 对于双方不约定长度, 通过特定符号结束通信的情况, 接收程序则可以采取实时接收的策略, 即每次只读取一个字节, 不会存在信息不连续的问题。在许多场合中, 收发信双方通信满足“双方在通信前已约定通信长度”这一前提, 例如通过计算机控制读卡器, 计算机通过串口向读卡器发送命令完成读卡动作, 读卡器读卡完成后向计算机返回卡号, 双方已约定好的通信数据格式。本方法可以广泛地应用于具有串口通信功能的 Java 应用程序的开发中。

#### 参考文献:

- [1] Oracle Corporation. Java Communications API [EB/OL]. [2014-2-2]. <http://www.oracle.com/technetwork/java/index-jsp-141752.html>, 2012.
- [2] 丁振凡, 王小明, 吴小元, 等. 客车电气绝缘智能检测系统工控机

- 端设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (11): 2940-2942.
- [3] 李 良, 朱善安. 基于 Java 的串口通信 [J]. 电子器件, 2007, (2): 714-720.
- [4] 陆颖瑜, 张永林. 利用 Java 实现对云台和镜头的远程控制 [J]. 工程设计学报, 2007, (8): 324-328.
- [5] 吴兴军, 胡汉春. Java 实现计算机与 OMRON PLC 串口通信 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2010, (1): 84-91.
- [6] 李新源, 赵树法, 魏寿宗. 基于 Java 语言的 GPS 接收机的串口通信程序设计 [J]. 铁路计算机应用, 2007, 16 (5): 4-6.
- [7] Oracle Corporation. javax. comm package [EB/OL]. [2014-2-2]. [http://docs.oracle.com/cd/E17802\\_01/products/products/javacomm/reference/api/javax/comm/package-summary.html](http://docs.oracle.com/cd/E17802_01/products/products/javacomm/reference/api/javax/comm/package-summary.html), 2004.
- [8] Sun Microsystems. SimpleRead. java [CP/OL]. [2014-2-2].
- [9] Oracle Corporation. InputStream (Java Platform SE 6) [EB/OL]. [2014-2-3]. <http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/java/io/InputStream.html>.
- [10] Eckel B, 陈昊鹏译. Java 编程思想 [M]. 第四版. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [11] Horstmann C S, Cornell G. JAVA 核心技术卷 I: 基础知识 [M]. 第 8 版. 叶乃文, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2008.