

Micro QR 和 QR 码结构附加模式的研究与实现

袁铭择, 郝福珍

(华北计算技术研究所, 北京 100083)

摘要: Micro QR 是 ISO/IEC 18004:2006 标准中提出的一个新特性, 结构附加模式是 QR 码的一种容量扩展特性。通过对现有二维码开源软件的调研, 发现目前没有对这两种特性提供支持。为提供对这两种编码功能的支持, 对现有的 ISO 标准化文档和开源二维码软件代码进行了分析。发现开源软件 Zxing 的代码有逻辑清晰、方便扩展和良好编码风格等特性。因此, 通过对比和研究 Micro QR 和结构附加模式编码步骤与 Zxing 的 QR 码编码实现方法, 对 Zxing 代码进行了修改和扩展, 完成了这两种特性的代码实现。使其完全支持 Micro QR 和结构附加模式的编码, 并通过实例程序验证了生成的二维码图像的正确性。

关键词: 微快速响应矩阵码; 结构附加模式; Zxing; 快速响应矩阵码; 二维码

中图分类号: TP311.11

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)11-0229-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.11.056

Research and Implementation of Micro QR and QR Structured Appending Mode

YUAN Ming-ze, HAO Fu-zhen

(North China Institute of Computing Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Micro QR is new feature in ISO/IEC 18004:2006 specification. Structured appending mode is a feature of capability expansion to QR. By investigating barcode there are few open source project to support them. To support them investigate lots of ISO's specification and popular barcode project. In conclusion Zxing is an excellent project which is more easy to develop, more useful than others and good code style. Therefore, compare and research the coding steps of Micro QR and structured appending mode and the realization method of QR coding of Zxing, which is modified and expanded, achieving the coding realization of two features. Make open source project Zxing to support Micro QR and structured appending mode, and the correctness of the barcode images is verified by a instance.

Key words: Micro QR code; structured appending mode; Zxing; QR code; barcode

0 引言

二维码已被广泛应用于物流、传媒和自动化等领域。QR 码 (Quick Response Code, 快速响应矩阵码) 作为一款存储量大、鲁棒性强的二维码, 被各行业普遍采用。国际标准化组织 (ISO, the International Organization for Standardization) 对 QR 码进行了标准化, 并于 2006 年推出了 QR 码标准化文档的最新版本 ISO/IEC 18004:2006^[1]。该文档相对于前一版的 ISO/IEC 18004:2000^[2] 提出了一些新的特性, 如定义了 Micro QR 编码方式和提供了更好的国际化支持等。Micro QR 码的提出为小数据量、微体积的物体镶嵌二维码

提供了一种很好的解决方案。目前, 支持 QR 码的编码和解码软件比较多, 但支持 Micro QR 码的却很少。

文中编码实现基于遵循 Apache 开源许可二维码软件 Zxing。增加对 Micro QR 和结构附加模式 (Structured Append) 等 ISO/IEC 18004:2006 特性的支持。

1 QR 码介绍

1.1 QR 标准

QR 码的编码解码方法已被多个权威组织进行了标准化, 如中国的 GB/T 18284:2000^[3] 和日本的 JIS X-0510:2004^[4], 提高了 QR 码的通用性。

收稿日期: 2013-02-24

修回日期: 2013-05-29

网络出版时间: 2013-08-28

基金项目: 总后勤部资助项目 (AS211R001)

作者简介: 袁铭择 (1988-), 男, 北京人, 研究方向为计算机体系结构; 郝福珍, 硕士, 研究员级高工, 研究方向为计算机网络、嵌入式系统、自动识别等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130827.1345.001.html>

在最新版本的 ISO 标准中 QR 码被命名为 QR Code 2005, 标准化文档代号为 ISO/IEC18004:2006。与第一版 ISO/IEC 18004:2000 相比, 第二版本存在如下的新特性:

(1) QR Code 2005 提供了对镜像和反转图像识别功能, 以及更多的字符编码支持。

(2) Micro QR Code 是 QR Code 2005 的“微缩版”, 拥有更小的体积和信息头开销, 可以存储少量的信息。

这些新特性使 QR 码提供了更好的国际化支持和应用场景支持^[5]。

1.2 QR 的编码实现

虽然 QR 码的编码过程相对复杂, 但其良好的鲁棒性为国际化支持提供了保证。QR 码的编码步骤大致如下:

(1) 数据分析: 根据输入信息, 确定要进行编码字符的类型;

(2) 数据编码: 根据编码模式将数据字符转换为二进制流;

(3) 纠错编码^[6]: 将码字分块, 并生成冗余信息;

(4) 构建最终信息: 将纠错码和信息混合并加入其他控制信息;

(5) 布置功能区图形^[7]: 将码字块和冗余信息放入图像矩阵当中, 并加入查找符号 (Finder Pattern)、分隔符 (Separators)、时间轴 (Timing Pattern) 和定位符 (Alignment Pattern) 等;

(6) 添加掩膜 (Mask): 对已经生成的矩阵添加掩膜, 根据评选规则选取图形;

(7) 添加版本信息: 向图形中添加二维码的版本和编码模式等信息。

很多二维码的开源项目提供了对 QR 码的支持, 如 Zxing 和 QRCode 等。Zxing 开源项目组相对活跃, 一直对其功能进行着扩展并提供版本更新。

2 Zxing 介绍

Zxing 使用了多种语言实现了二维码的编码和解码功能。并且它支持多种二维码、一维码的编码和解码。最新版本的 Zxing 为 2.0 (发布时间 2012/02/03)。在该版本中, 其编码和解码的核心功能已使用 Java 6 进行了重新编写。

2.1 Zxing 的 QR 码编码实现

Zxing 在实现 QR 码编码和解码过程中, 遵循 ISO18004:2006 标准。但 Zxing 的开发者并没有完全实现标准文档所描述的功能和特性, 如 Zxing 没有提供 Micro QR 的编码解码程序, 没有提供结构附加模式 (Structured Append) 的实现。因此, 需要通过对 Zxing2.0 版本的 Java 代码进行改写和扩充, 使其提供对

Micro QR 和结构附加模式的编码支持。

2.2 Zxing 基础类

在 Zxing 的 Java 代码包 com.google.zxing.common 提供了很多工具类。这些类实现了包括 Reed-Solomon 编码、BCH 编码、位数组和位矩阵等基本功能。通过这些基本类, 程序员可以快速地开发出一种新的编码和解码算法。QR 码的编码类图如图 1 所示。

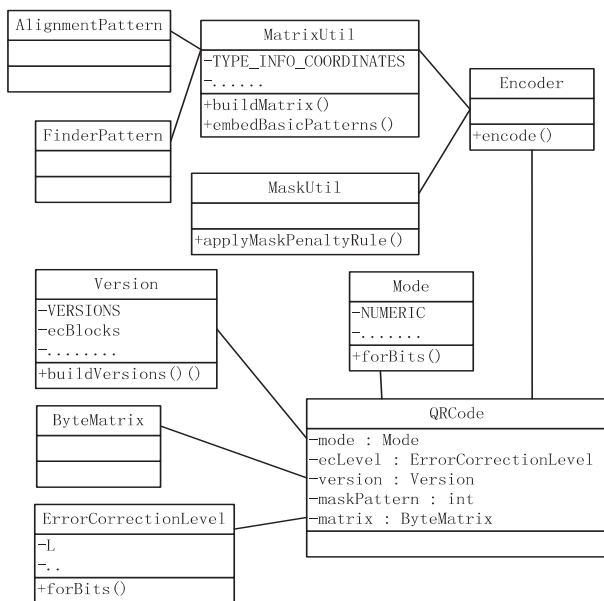


图 1 QR 码的编码程序类图

通过对图 1 的分析可以了解 QR 码的编码的实现方法。其中 Encoder 类为编码的实现类, 它提供的 encode() 函数实现了 QR 码的编码方法和过程控制。通过调用其他类对 QR 码的各个步骤的功能进行了实现。QRCode 类用来存储 QR 码的基本信息, 如版本、编码方式和最终的数字矩阵等。图 1 还展示了部分基础类, 下面简要对其功能进行介绍:

(1) Mode: 存储和表示 QR 码的数据编码模式信息;

(2) Version: 存储和表示 QR 码的版本信息;

(3) ByteMatrix: 对二维码进行数字矩阵表示;

(4) ErrorCorrectionLevel: 存储和表示 QR 码纠错等级信息;

(5) MatrixUtil: 提供通过版本和纠错等级生成二维码的数字矩阵的方法;

(6) MashUtil: 生成和选择二维码的掩码, 并进行判优。

Zxing 还提供了多个基础类, 这里仅描述了需要被修改的类。

3 Micro QR 编码原理与实现

Micro QR 是 ISO18004:2006 文档中提出的一种新的二维码编码方式。相对于 QR 码有很多新特性, 如

Micro QR 码只需要一个查找符号、体积更小等。Micro QR 存储容量大小从 20 bits 到 128 bits 可选,此容量与 QR 码存储量间没有交集。因此, Micro QR 作为 QR 码小容量存储方式的一种补充,扩大了 QR 码的应用领域。

3.1 原 理

Micro QR 的编码过程与 QR 码的编码过程类似,但是 Micro QR 需要的信息位、标识信息和数据位排列方式等不同于 QR 码。因此,需要重新编写代码来实现编码功能。Micro QR 编码步骤简述如下:

- (1)数据分析:根据输入的文本信息,确定需要进行编码的模式类型;
- (2)数据编码:根据编码字符的模式类型,将数据字符转换为二进制流;
- (3)纠错编码:将二进制流以码字为单位进行分块,并使用 Reed-Solomon 算法^[8]生成冗余信息;
- (4)构建最终信息:将纠错码和信息码混合,并加入其他版本信息生成最终二进制流;
- (5)生成矩阵图形:将码字块和冗余信息放入图像矩阵当中,并加入查找符号、时间轴等信息;
- (6)添加掩膜:向生成的数字矩阵添加掩膜,根据评判标准判定,选取最优的图形作为最终二维码图形;
- (7)添加版本信息:向二维码中添加 15 比特(bits)的编码模式和掩膜信息位。

Micro QR 编码与 QR 码编码相比主要不同在第 4 部分、第 5 部分、第 6 部分和第 7 部分。在第 4 部分 Micro QR 构建最终信息的过程中, Micro QR 的信息头的组织方式和比特长度根据版本不同而有所变化。在第 5 部分中 Micro QR 只放入一个查找符号并且没有定位符。第 6 部分 Micro QR 的掩膜只有 4 种,选取掩膜的评测标准也不同。在第 7 部分中, Micro QR 只有 15 比特的固定长度信息,且信息位产生方式固定。

得出 Micro QR 编码过程的不同点后,可以对现有的 Zxing 的 QR 编码代码进行修改和重写,从而得到 Micro QR 的编码程序。

3.2 实 现

以下根据 3.1 提出的编码方式不同,简要描述如何修改 QR 代码。

3.2.1 构建最终信息

最终的信息是由信息头(Overhead)和有效数据组成的。Micro QR 的信息头需要版本信息、纠错等级和编码模式以及数据量等信息共同决定。编码模式可以通过 3.1 节提到的“数据分析”过程得到,数据量信息可以通过“数据编码”过程得到。

在 Encode 类中添加版本选择函数。由于 Micro QR 的数据排列方式和表示位的长度固定,且版本和

纠错等级组合较少。在版本选择过程中,可以根据标准文档的规范,准确算出不同版本添加的数据量上限和下限,通过“查找表”的方式选择最优版本。ISO/IEC 18004:2006 的附录 J(Annex J)给出了不同数据信息下的版本和纠错等级最优选择方法。附录的查找表结构复杂,且实现复杂度高。为此,将这些表进行简化,生成根据编码数据量大小进行版本选择的查找表,如表 1,限于篇幅这里只给出了 M₁、M₂ 和 M₃ 版本的中文和数字编码信息。

表 1 编码查找表(单位:比特)

Micro QR 版本	纠错等级	数据量	编码模式	信息头	终止字符	有效数量
M ₁	L	20	数字	3	3	14
			混合	3		32
M ₂	L	40	字节	4		31
			混合	3	5	24
	M	32	字节	4		23
			数字	7		70
M ₃	L	84	混合	6		71
			字节	6		71
			数字	7	7	54
	M	68	混合	6		55
			字节	6		55

使用表 1 进行版本选择过程如下。首先,分析需要编码的有效数据量,选择合适的编码模式。其次,根据编码模式对数据进行编码,最终计算出需要存储的数据量。再次,根据得出的数据量大小查找得出最优的版本和纠错等级。这里主要通过修改 QR 码编码的 Encode.appendBytes() 函数及其子函数,来返回需要存储的数据量大小。依据表格 1,实现 guessOptimisticVeriosn() 函数,来完成选择最优版本和纠错等级选择功能。该函数通过编码后的数据量大小和编码查找表最后一列比较,来进行查找。由于在生成二维码的过程中,用户可能指定了纠错等级。因此,还需要编写其他选择函数重载 guessOptimisticVeriosn(),以适应不同的参数需求,但是函数实现原理基本相同。

为符合 Micro QR 标准,还需要对一些辅助类进行修改。Mode 类代表编码模式信息,需要修改它来对不同版本和编码模式提供不同长度的信息头和终结符。修改方式为,在 Mode 类添加 modeIndicatorLength 和 modeTerminatorLength 属性,并修改构造函数。

Micro QR 只有 4 个版本,分别为 M₁、M₂、M₃ 和 M₄。为产生不同版本的结构信息,需要修改 Version: buildVerison() 函数。由于 Micro QR 不需要对信息位和校验位进行置乱,且其只有一个数据代码块。可以修改 Version 类中定义的 ECBlock 类,删除 ECB 类,实现对 Micro QR 数据区信息的存储。

最后通过得到的模式信息、版本信息和纠错等级信息,生成信息头并对数据进行编码,生成最终信息,并传入矩阵生成函数。

3.2.2 生成矩阵图形

通过上一节的处理得到最终信息,这一节就需要对产生的数据进行排列,放入矩阵模型生成二维码矩阵。Micro QR 和 QR 码的生成方法有着较大的差别,需要对 MatrixUtil 类的函数进行重写。由于在生成数字矩阵的过程中需要将掩膜信息、版本信息和纠错等级信息位一同填入其中,所以将生成矩阵过程、掩膜评判和信息位添加过程合并。通过对每一种掩膜都生成一个矩阵图形,从中挑选最佳图形的方式作为最终 Micro QR 码的生成方法^[9],完成编码的最后过程。

MatrixUtil:buildMatrix() 函数是用来控制生成矩阵过程的函数,通过它来调用 embedBasicPatterns()、embedFormatInfo() 和 embedDataBits() 函数,完成生成矩阵功能。其中,embedBasicPatterns() 用来放置查找符号和时间轴符号;embedFormatInfo() 用来向二维码中添加信息位;embedDataBits() 用来向矩阵中添加编码后的信息。它们又调用各自的子函数完成功能实现。

Micro QR 只有 4 个掩膜,并且其掩膜选取评判的标准规则不同于 QR 码。因此,需要修改 MashUtil 类的 applyMaskPenaltyRule() 函数,在函数体内完成评判规则的实现。同时还需要修改 Encode:chooseMaskPattern() 来完成 4 个数字矩阵评选的过程。

在最终 Micro QR 码生成阶段,MatrixUtil 类完成了从矩阵生成、内容填充、放置版本信息位到添加掩膜的所有过程。因此,需要修改和添加的代码较多。另外,需要改动最大的也是最重要的一个类是 Encoder。这个类主要负责整个编码流程的控制。整个编码功能被分为多个函数并依次被 Encode:encode() 调用。

3.3 Micro QR 码生成示例

通过以上对 Zxing 的 QR Code 部分的代码进行重新编写,实现了 Micro QR 的编码功能。下面编写验证程序调用 Micro QR 编码代码,通过命令行输入信息,完成二维码图像的输出,程序结构如图 2。

图 2 中 BarcodeFormat 为枚举类型,将实现的 Micro QR 类型添加到其中,添加的类型名称为 MicroQR_CODE。该程序使用了 strategy 设计模式,通过统一的 Writer 接口完成不同编码方式的调用。通过该程序生成数据“ABCDEFGFG0123456”的 Micro QR 码的图像如图 3 所示。

4 QR 码结构附加模式原理与实现

ISO18004:2006 提供了 8 个模式供编码者选

择^[10],其中结构附加模式为大数据编码提供了良好的解决方案^[11]。以 40 版本 L 纠错级别(QR code Version 40-L)编码方式为例,在结构附加模式下,可以扩展为 16 块 QRcode version40-L 码的组合,从而将存储量扩充到 47 248 字节。

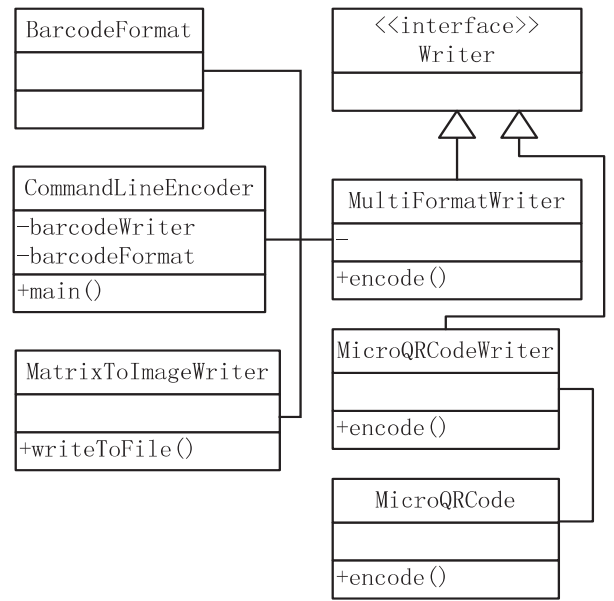


图 2 Micro QR 码的编码验证程序类图



图 3 表示“ABCDEFGFG0123456”的 Micro QR 码

虽然 Zxing 的代码在 Mode 类中定义了结构附加模式,但是并没有实现该模式。这里通过修改 Zxing 的代码来实现结构附加模式的编码功能。

4.1 原理

QR 码提供了 4 比特的模式指示位来显示当前二维码的模式信息。当用户选择结构附加模式时,信息头的前 20 比特用来指示所选择的模式并指示模块的顺序和提供校验功能。以“01234567”被分为 4 块为例来说明信息位产生原理:

- (1)“01234567”由 8 个数字组成,编码模式为数字模式;
- (2)8 个数字字符被平均分配到 4 块中,四个块存储信息分别为“01”,“23”,“45”,“67”;
- (3)在信息头添加“0011”指示符,显示编码方式为结构附加模式;
- (4)紧接着添加信息位来指示分块数量和分块次序,以第三块“45”为例:先添加“0010”共 4 比特指示

分块次序为 3,再添加“0011”共 4 比特指示总分块数量为 4;

(5)紧接着添加校验信息用来检验是否所有分块属于同一数据。校验位为 8 比特,产生方式为各个数据字节的异或(XOR)操作结果。“01234567”的校验字节为“00000000”;

(6)最后添加编码信息和数据信息,添加内容和对该数据单独编码产生的数据相同。

因此,分块中第三块的前 3 字节(Byte)为“00110010,00110000,00000001”用来显示该 QR 码为结构附加模式,该分块为 4 个分块中的第三分块,校验信息为“0x00”,采用数字模式存储信息。

4.2 实现

结构附加模式的原理是对原有数据进行分块,并对每个分块在信息头中添加分块信息、分块编号和校验信息。可以通过修改 QR 码的编码代码以完成此功能。在编码过程中需要修改 Encoder 类和 QRCode 类。

首先,需要将信息数据分块。在 Encoder 类中添加 splitContent() 函数,将要表示的信息根据所要得到的分块数量进行平均分块,并返回分块的内容。接着对各个分块信息进行编码,编码函数为 Encode.encode()。在编码过程中需要对信息头的生成方法进行修改变。在原有的信息头生成代码前加入结构附加模式的信息头生成代码。分析所有的数据得出最终的信息编码模式并对每个分块使用该模式编码。之后通过循环函数对每块信息进行编码生成二维码存储到 SubQR-Code 类中。

在存储结构附加模式的过程中需要添加新的类以对应二维码的分片形式。由于一组二维码是由多个小片的 QR 码组成的,需要实现 SplitQRCode 类完成对分片 QR 码对应的 SubQRCode 类的存储。用 SplitQR-Code 存储最终生成的所有分块结果,而 SubQRCode 用来存储每个分块的代码图形^[12]。SplitQRCode 中的 matrix 数组存储着最终所有分块的数据。

4.3 QR 码结构附加模式编码示例

由于 SplitQRCode 返回值为 Matrix 数组类型,所以不能使用图 2 所示的程序,需重新编写程序完成编码过程。为了给 Encode.encode() 函数传递表示分块数量的参数,在 EncodeHintType 枚举类型中添加 SPLIT_ NUMBER 类型。通过 Map<EncodeHintType,?> hints 参数类型编码条件信息。实验程序的结构如图 4 所示。

对“ABCDEFGHJKLMNOPQRSTUVWXYZ0123456789 中华人民共和国”进行编码。对该内容进行结构附加模式编码,并且分为 4 块编码,纠错等级为 H,编码的版本通过程序自动选择,产生的结果如图 5 所示。

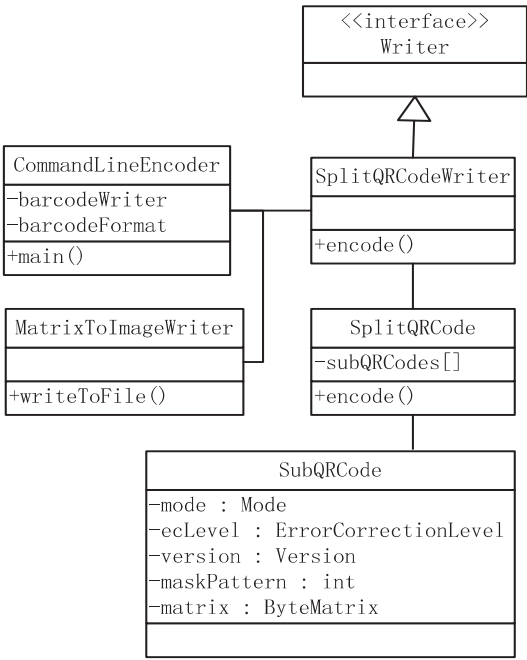


图 4 QR 码结构附加模式验证程序类图

图 5 分块后 QR 码图形

5 结束语

QR 码是被广泛使用的一种二维码,实际的应用已经证明其对一般数据存储的灵活性和易用性。Micro QR 是对 QR 小数据量、微体积的一种补充,而结构附加模式是对大数据量的有效补充。这两种补充使得 QR 拥有更广泛的应用场景。Zxing 作为二维码的实现,其提供了良好的基础公用类,为新的二维码标准的快速实现提供强有力的工具。文中依据 ISO/IEC 18004:2006 标准对 Zxing 的 Micro QR 编码和结构附加模式功能进行了扩充,实现 Micro QR 标准和 QR 结构附加模式的编码过程。文中并未实现 Micro QR 和结构附加模式的解码程序,在以后的研究中会对该功能予以实现。

(下转第 238 页)

5 结束语

基于 RFID 技术的航空制造过程管理与控制主要特性可归纳为以下几个方面:

利用 RFID 技术实时建立零部件、自制件、在制品等质量过程档案;

在零部件、在制品等配送和装配过程中实物和 AO 指令进行信息比对,以确保物料的正确发放和装配,实现质量事件的及时记录;

实时掌握装配车间各个环节的动态信息。

文中以某大型航空制造企业为研究背景,分析了以 RFID 技术为代表的自动识别技术在航空产品制造过程中的应用前景;

针对航空产品制造过程中的在制品和关键系统件过程管理问题,设计了基于电子标签的航空制造企业制造过程管理系统集成框架,在企业内部通过引入电子标签跟踪在制品,并兼容条码标签;

实现了生产计划和现场生产数据(在制品)的实时采集;

该系统在航空制造企业生产现场管理中具有重要的实用价值,对于提高制造过程管理实时性,减少生产过程物料供应的差错率具有重要意义。

参考文献:

- [1] 尤 静,叶文华.面向协同制造的在制品跟踪与管理系统[J].航空制造技术,2006(8):101-104.
- [2] 减传真,范玉顺.基于智能物件的制造企业信息系统研究[J].计算机集成制造系统,2007,13(1):49-56.

(上接第 233 页)

参考文献:

- [1] Information technology-automatic identification and data capture techniques-QR code 2005 bar code symbology specification[S]. ISO/IEC18004:2006,2006.
- [2] Information technology-automatic identification and data capture techniques - barcode symbology - QR code[S]. ISO/IEC18004:2000,2000.
- [3] 快速响应矩阵码[S]. GB/T 18284-2000,2001.
- [4] Two dimensional symbol-QRcode - basic specification[S]. JIS X-0510:2004,2004.
- [5] 张得煜.二维条码技术、标准及应用[J].信息技术与标准化,2007(10):18-22.
- [6] 曹雪虹.信息论与编码[M].北京:清华大学出版社,2001.

- [3] 黄琼瑛.基于 RFID 技术的报喜鸟生产过程管理系统的研究与开发[D].杭州:浙江大学,2007.
- [4] 孟小宁.RFID 技术在供应链管理领域中的应用研究[D].北京:北京交通大学,2006.
- [5] Schmidt M,Wolff H,Peppel F,et al. RFID standardization for logistics applications - status quo and challenges from the automotive industry's perspective[C]//Proceedings of the 2012 fourth international EURASIP workshop on RFID technology. USA:IEEE Computer Society,2012:78-82.
- [6] 刘富春,周受钦.基于 RFID 的物流装备信息监控网络平台设计[J].计算机技术与发展,2012,22(7):227-230.
- [7] Kapoor G,Zhou Wei,Piramuthu S. Multi-tag and multi-owner RFID ownership transfer in supply chains[J]. Journal of decision support systems,2011,52(1):258-270.
- [8] Veeramani D,Tang J,Gutierrez A. A framework for assessing the value of RFID implementation by tier-one suppliers to major retailers[J]. Journal of theoretical and applied electronic commerce research,2008,3(1):55-70.
- [9] 丁 斌,罗烽林,孙晓林,等.离散型制造企业 RFID 应用策略研究[J].中国管理科学,2008,16(2):76-82.
- [10] 刘卫宁,黄文雷,孙捷华,等.基于射频识别的离散制造业制造执行系统设计与实现[J].计算机集成制造系统,2007,13(10):1886-1890.
- [11] 王春峰.基于 RFID 的汽车制造企业生产物流的研究[D].南京:南京林业大学,2006.
- [12] 孙 红.基于 RFID 技术的配送中心管理模型[J].商场现代化,2006(6):134-135.
- [14] 广州联欣自动识别技术有限公司. RFID 服务阿波罗卫浴生产过程管理[J].中国自动识别技术,2007(1):46-48.

- [7] 张 玲,胡东红,孔华锋,等.二维条码码图结构特性分析[J].湖北大学学报(自然科学版),2004,26(3):226-231.
- [8] Bernard S. Reed-Solomon codes[R]. US:[s. n.],2001.
- [9] Eckel B. Thinking in Java[M]. [s. l.]:Pearson Education,2006.
- [10] 孙 静,陈 伟.PDF417 二维条码的编码技术及其在 Visual Basic 下的实现[J].西安石油大学学报(自然科学版),2005,20(1):77-80.
- [11] Kato H. Barcode for mobile device[M]. Cambridge:Cambridge University Press,2010.
- [12] 郭 琳.QRCode 二维条码编译码及自动识别技术的研究[D].昆明:昆明理工大学,2008.

Micro QR和QR码结构附加模式的研究与实现

作者：[袁铭择](#)，[郝福珍](#)，[YUAN Ming-ze](#)，[HAO Fu-zhen](#)

作者单位：[华北计算技术研究所, 北京, 100083](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：

Computer Technology and Development

ISTIC

年，卷(期)：

2013(11)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201311057.aspx