

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

T.851

(09/2005)

T系列：远程信息处理业务终端

使用另一种算术编码器进行基于ITU-T T.81
(JPEG-1)的静态图像编码

ITU-T T.851建议书

ITU-T



国际电信联盟

ITU-T T.851建议书

使用另一种算术编码器进行基于ITU-T T.81 (JPEG-1) 的静态图像编码

摘 要

本建议书定义了一种静态图像数字压缩和编码的格式，与ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1 (JPEG-1)相比，这种格式支持另一种叫做“Q15-编码器”的算术编码器和另一种基线。ITU-T T.81建议书 (JPEG-1)中规定的霍夫曼 (Huffman) 熵编码方法，在本建议书中并不要求支持。

“Q15-编码器”解决了在解码器上而不是编码器上进位的问题，因此与T.81中的QM-编码器相比，具有更低的延迟，QM-编码器中其余的整个熵编码段具有潜在的延迟。

本建议书还规定了一种16位精度的DCT，这比T.81 (JPEG-1)中DCT的精度高。

来 源

ITU-T第16研究组 (2005-2008) 按照ITU-T A.8建议书规定的程序，于2005年9月13日批准了ITU-T T.851 (2005) 建议书。

关键词

另一种基线，Q15-编码器，静态图像编码，静态图像压缩，静态图像。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简要而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能不是最新信息，因此大力提倡他们查询电信标准化局（TSB）的专利数据库。

© 国际电联 2005

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

	页
1 范围	1
2 参考文献	1
2.1 规范性参考文献	1
2.2 资料性参考文献	1
3 定义	1
4 缩写	2
5 约定	2
6 综述	2
7 另一种基线	3
8 压缩数据的格式	4
8.1 JPG扩展标记语法	4
8.2 扩展的DCT精度	5
8.3 总结	6
9 霍夫曼 (Huffman) 编码	6
10 算术编码器	6
10.1 编码器程序	7
10.2 解码器程序	11
10.3 概率估算	14
11 编码器和解码器的控制程序	16

引 言

ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1 (T.81)规定了连续色调的静态图像的数字压缩和编码过程。

T.81中包含两个熵编码器：霍夫曼（Huffman）编码和一个叫做“QM-编码器”的算术编码器。T.81中基线要求必须使用霍夫曼编码方法。其他所有的编码程序（扩展连续性的，渐进的，分等级的和无损耗的），可以使用任何已定义的熵编码器。

与ITU-T T.81建议书相比，本建议书定义了一种基于ITU-T T.81建议书(JPEG-1)的静态图像编码方法，这种编码方法使用另一种叫做“Q15-编码器”的算术编码器。本建议书还定义了“另一种基线”。本建议书不要求必须使用霍夫曼编码。

注 — 依照本建议书编码的图像可以与ITU-T T.81建议书的编码方式无损地进行双向转换，其中包括基线霍夫曼编码。

表1中定义的所有支持基于DCT变换的编码器，也能生成符合另一种基线的解码位流。

本建议书并不要求与T.81中基于霍夫曼的基线具有互操作性，但是使用本建议书的应用有可能作这种要求。应用规范可能要求采用双模的熵编解码，或者采用一种基于服务器的转换码设备。

ITU-T T.851建议书

使用另一种算术编码器进行基于ITU-T T.81 (JPEG-1)的静态图像编码

1 范围

本建议书适用于连续色调、灰色或者彩色的静态数字图像数据。根据ITU-T T.80建议书的原则，它通过提供另一种算术编码器增强了T.81的技术。

本建议书：

- 定义了一种算术编码器（“Q15-编码器”），同T.81技术一起使用；
- 将DCT输入的精度扩展到了16位；
- 提供了另一种不要求霍夫曼编码的基线。

除了本建议书中给出的例外、增加和删除外，ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1中的规定适用于本建议书。

2 参考文献

2.1 规范性参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

- ITU-T Recommendation T.80 (1992), *Common components for image compression and communication-Basic Principles*.
- ITU-T Recommendation T.81 (1992) | ISO/IEC 10918-1:1994, *Information technology-Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines (often called "JPEG-1")*.

2.2 资料性参考文献

其它的算术编码参考文献：

- MARKS (K.M.): A JBIG-ABIC compression engine for digital document processing, *IBM J. Res. Develop.*, Vol. 42, No. 6, pp. 753-758, 1998.
- KAMPF (F.A.): Performance as a function of compression, *IBM J. Res. Develop.*, Vol. 42, No. 6, pp. 759-766, 1998.
- SLATTERY (M.S.) and MITCHELL (J.L.): The Qx-coder, *IBM J. Res. Develop.*, Vol. 42, No. 6, pp. 767-784, 1998.

3 定义

本建议书规定了下列术语：

3.1 alternative baseline (sequential) 另一种基线（顺序的）：本建议书规定的一种特定的基于DCT的顺序的(sequential)编码和解码过程。

3.2 bit stuffing 位填充：在生成一个被编码的十六进制字节X'FF'后，算术编码器将下一个字节中的一个比特插入到熵编码段的程序。该程序代替了字节填充。

4 缩写

本建议书采用以下缩写：

IEC 国际电工委员会

ISO 国际标准化组织

JPEG 联合图像专家组（ITU-T | ISO/IEC委员会的联合，负责为连续色调静态图像编码联合开发文本标准）

5 约定

本建议书采用以下约定：

- “必须”指强制的要求。
- “应该”指建议但可选的行为过程。
- “可能”指相对建议来说，更加趋向于指出是个可选的行为过程。

以下符号适用于本建议书：

a ASCII文本字符"a"(X'61')

c ASCII文本字符"c"(X'63')

JPG 用于包括Q15-编码器的JPEG扩展的标记

Lj 用于JPEG扩展的JPG段的参数长度

2 ASCII文本字符"2"(X'32')

6 综述

除了本建议书中给出的例外、增加和删除外，ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1中的规定适用于本建议书。

凡是ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1中使用算术编码器的实例中，应使用本建议书定义的算术编码器代替。本建议书中，通过增加下面表1中的内容对表1/T.81 | ISO/IEC 10918-1进行了扩展，其中定义了另一种基线和另一组程序。

表 1/T.851—摘要：增加的编码程序的基本特征

另一种基线程序（对于所有基于DCT的解码程序都是必需的）
<ul style="list-style-type: none"> • 基于 DCT 的程序 • 源图像：每个分量 8 位抽样 • 顺序的(sequential) • Q15-算术编码 • 解码器应处理具有 1、2、3、4 个分量的扫描 • 隔行和非隔行扫描
另一种基于DCT的扩展程序
<ul style="list-style-type: none"> • 基于 DCT 的程序 • 源图像：8 到 16 位抽样 • 顺序的(sequential)或渐进的(progressive) • 算术编码(Q15-编码器)：4 个 AC 表和 4 个 DC 表 • 解码器应处理具有 1、2、3、4 个分量的扫描 • 隔行和非隔行扫描
另一种无损程序
<ul style="list-style-type: none"> • 预测程序（不是基于 DCT 的） • 源图像：P 位抽样 ($2 \leq P \leq 16$) • 顺序的 (sequential) • 算术编码 (Q15-编码器)：4 个 DC 表 • 解码器应处理具有 1、2、3、4 个分量的扫描 • 隔行和非隔行扫描
另一种分等级程序
<ul style="list-style-type: none"> • 多帧（非微分和微分） • 使用另一种基于 DCT 的扩展程序或者另一种无损程序 • 解码器应处理具有 1、2、3、4 个分量的扫描 • 隔行和非隔行扫描

7 另一种基线

为了与本建议书中定义的另一种基线保持一致，任何基于DCT的解码器也应包括另一种基线顺序的解码程序。

另一种基线顺序的解码程序应由具有参数"ac2"的JPG扩展标记（如规定Q15-编码器的使用）开始。每个分量内的输入和重构样本的精度P应是8。只允许一个帧开始(SOF9)。解码器应处理隔行和非隔行的具有1、2、3、4个分量的扫描。量化值应表示为一个字节($P_q = 0$)。

8 压缩数据的格式

表B.1/T.81 | ISO/IEC 10918-1应由表2代替。

注 — JPG 标记已经从ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1中作为“保留给JPEG扩展用”的“帧标记 (Frame markers)”中移到现在表示为“JPEG扩展”的“其他标记 (Other markers)”组中。

表 2/T.851 — 标记代码分配

代码分配	符号	描述
帧开始标记, 非微分, Q15-编码器算术编码		
X'FFC9' X'FFCA' X'FFCB'	SOF ₉ SOF ₁₀ SOF ₁₁	扩展的顺序 DCT 渐进的 DCT 无损的 (顺序的)
帧开始标记, 微分, Q15-编码器算术编码		
X'FFCD' X'FFCE' X'FFCF'	SOF ₁₃ SOF ₁₄ SOF ₁₅	微分的顺序 DCT 微分的渐进 DCT 微分的无损的 (顺序的)
Huffman 表规范		
X'FFC4'	DHT	定义霍夫曼表
Q15-编码器算术编码规范		
X'FFCC'	DAC	定义 Q15 算术编码条件
重启间隔时间终止		
X'FFD0'至 X'FFD7'	RST _m (注)	按计数“m”模 8 进行重启
其他标记		
X'FFC8' X'FFD9' X'FFDA' X'FFDB' X'FFDC' X'FFDD' X'FFDE' X'FFDF' X'FFE0'至 X'FFE7' X'FFF0'至 X'FFFD' X'FFFE'	JPG EOI (注) SOS DQT DNL DRI DHP EXP APP _n JPG _n COM	JPEG 扩展 图像结束 扫描线开始 量化表定义 行数定义 定义重启间隔时间 定义等级级数 扩展引用的分量 保留给应用段使用 保留给 JPEG 扩展注释使用
保留标记		
X'FF00'至 X'FF99' X'FFA0'至 X'FFBF'	RES	可能由 Q15-编码器产生 保留
注 — 非标记段开始的标记		

8.1 JPG扩展标记语法

JPG 标记(X'FFC8')规定了对ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC 10918-1的扩展。第一个扩展定义为对SOI标记的代替, 表示附件D/T.81 | ISO/IEC 10918-1中定义的算术编码应由第10章中定义的算术编码器代替。

图8-1规定了本建议书中定义的用于定义扩展的标记段。表3给出了参数尺寸和JPG扩展的值。

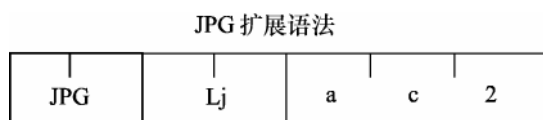


图 8-1/T.851—JPG扩展语法

图8-1中显示的标记和参数定义如下。每个参数的尺寸和允许的值在表3中给出。

- **JPG**: JPG扩展 — 指示了定义JPG扩展的参数的开始。
- **Lj**: PG扩展段长度 — 规定了图8-1中显示的JPG段的长度。
- **"ac2"**: ASCII字符 — 供第10章中规定的Q15-编码器用。

表 3/T.851—JPEG扩展标记 (JPG) 参数的尺寸和值

参数	尺寸 (位)	值
JPG	16	X'FFC8'
Lj	16	5
a	8	X'61'
c	8	X'63'
2	8	X'32'
注 — 这些域的字节顺序在 ITU T.81 建议书 ISO/IEC 10918-1 中定义。		

其他进一步的扩展可能会改变Lj的值。如果前三个字节是"ac2"，后面的任何信息应不改变解码程序。如果前三个参数不是"ac2"，扩展可能是不兼容的。

当用第10章定义的算术编码器编码时，在图B.17/T.81 | ISO/IEC 10918-1中，应用JPG扩展标记段代替SOI标记段。

8.2 扩展的DCT精度

ITU-T T.81 建议书 | ISO/IEC 10918-1 只允许8或12比特/分量抽样作为DCT功能的源输入。除了扩展基线只允许8比特/分量抽样外，所有基于DCT的程序，本建议书允许8到16比特/分量抽样作为DCT功能的源输入。对基于DCT的程序，JPEG扩展标记后面的帧头内抽样精度参数P应是8到16范围的值。对于所有非微分帧，输入应是无符号数字。在计算FDCT前，将A.3.1/T.81 | ISO/IEC 10918-1规定的层移位减去 2^{P-1} 将其转换成有符号数字。扫描头中相继的近似值高比特位位置(Ah)和低比特位位置(AI)参数的最大允许范围扩展到15。表F.3/T.81 | ISO/IEC 10918-1中的最大界限的算术编码量级扩展到18个量级位。表4显示了这些扩展类。

表 4/T.851—每个最大界限的扩展类

不包含的上界(M)	Sz范围	低顺序量级位数
65 536	32 768,...,65 535	15
131 072	65 536,...,131 071	16
262 144	131 072,...,262 143	17
524 288	262 144,...,524 287	18

DC系数编码和AC系数编码的统计模型应用表F.4/T.81 | ISO/IEC 10918-1中的上下文索引X16、X17、X18、X19以及表F.5/T.81 | ISO/IEC10918-1中相应的M16、M17、M18和M19量级编码块进行扩展。

当输入样本是有符号的数据时，可能出现算术编码的微分帧的开始 (SOF13, SOF14和SOF15)标记，而前面没有定义等级级数 (DHP)标记。

8.3 总结

表8-2应代替图B.16/T.81 | ISO/IEC 10918-1的压缩数据语法流程中的SOI标记。

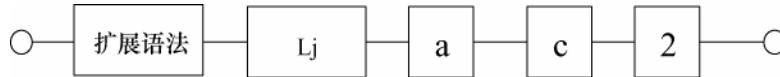


图 8-2/T.851—JPG扩展标记代替图B.16/T.81 | ISO/IEC10918-1中的SOI

9 霍夫曼 (Huffman) 编码

当JPG扩展的参数以'ac2'开始时，尽管定义霍夫曼表 (DHT)标记可能出现在数据流中，但霍夫曼编码不应使用JPG扩展。

10 算术编码器

附件D/T.81 | ISO/IEC10918-1定义了一种适应的二进制算术编码器 (QM-编码器) 程序，用于除基线顺序的程序以外的任何编码程序中的熵编码。本章定义了另一种算术编码器 (Q15-编码器)，当压缩数据以JPG扩展而不是SOI标记开始时，它应和ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC10918-1中定义的技术一起使用。本算术编码器使用和ITU-T T.81建议书 | ISO/IEC10918-1中相同的规约，按照符号的顺序，即MPS比LPS更接近于0。压缩数据应是位填充而不是字节填充的。

注一 位填充允许解码器解决进位，而不用一直等到编码器解决了进位 (可能整个其余的熵编码段)。

本建议书不要求任何编码器或解码器完全按照本章中流程图规定的方式实现。只要编码器或解码器实现本章规定的功能即可。

10.1 编码器程序

图D.1 (Code_1(S))和D.2 (Code_0(S))/T.81 | ISO/IEC10918-1应适用于该算术编码器。

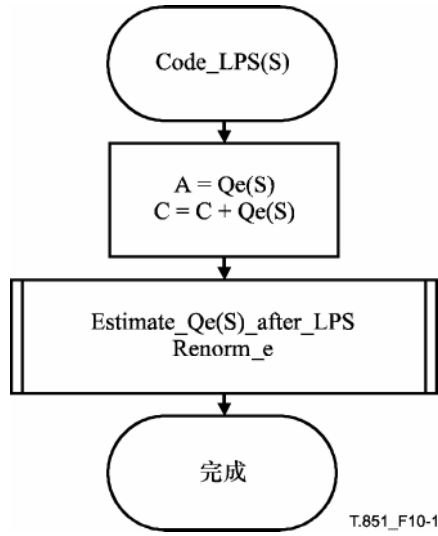


图 10-1/T.851—Q15-编码器的Code_LPS(S)程序

图10-1显示了Q15-编码器的Code_LPS(S)程序（没有条件交换的图D.3/T.81 | ISO/IEC10918-1）。

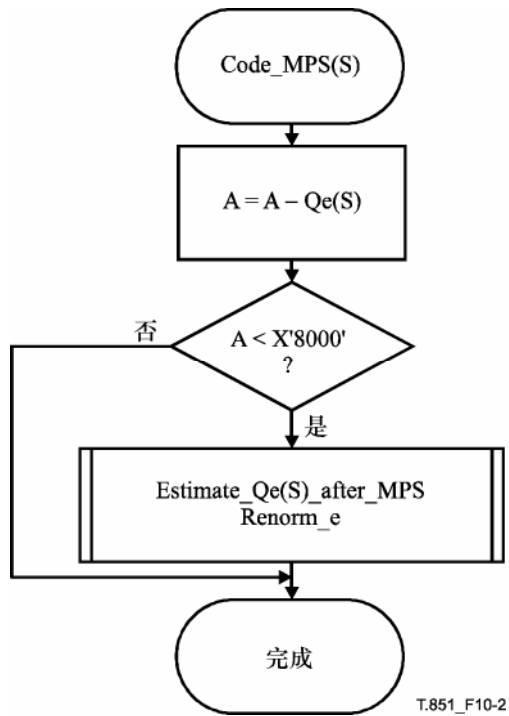
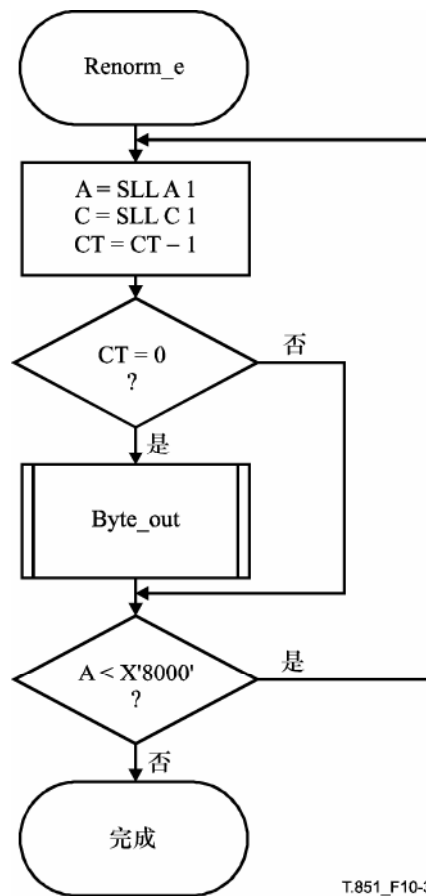


图 10-2/T.851—Q15-编码器的Code_MPS(S)程序

图10-2显示了Q15-编码器的Code_MPS(S)程序（没有条件交换的图D.4/T.81 | ISO/IEC10918-1）。

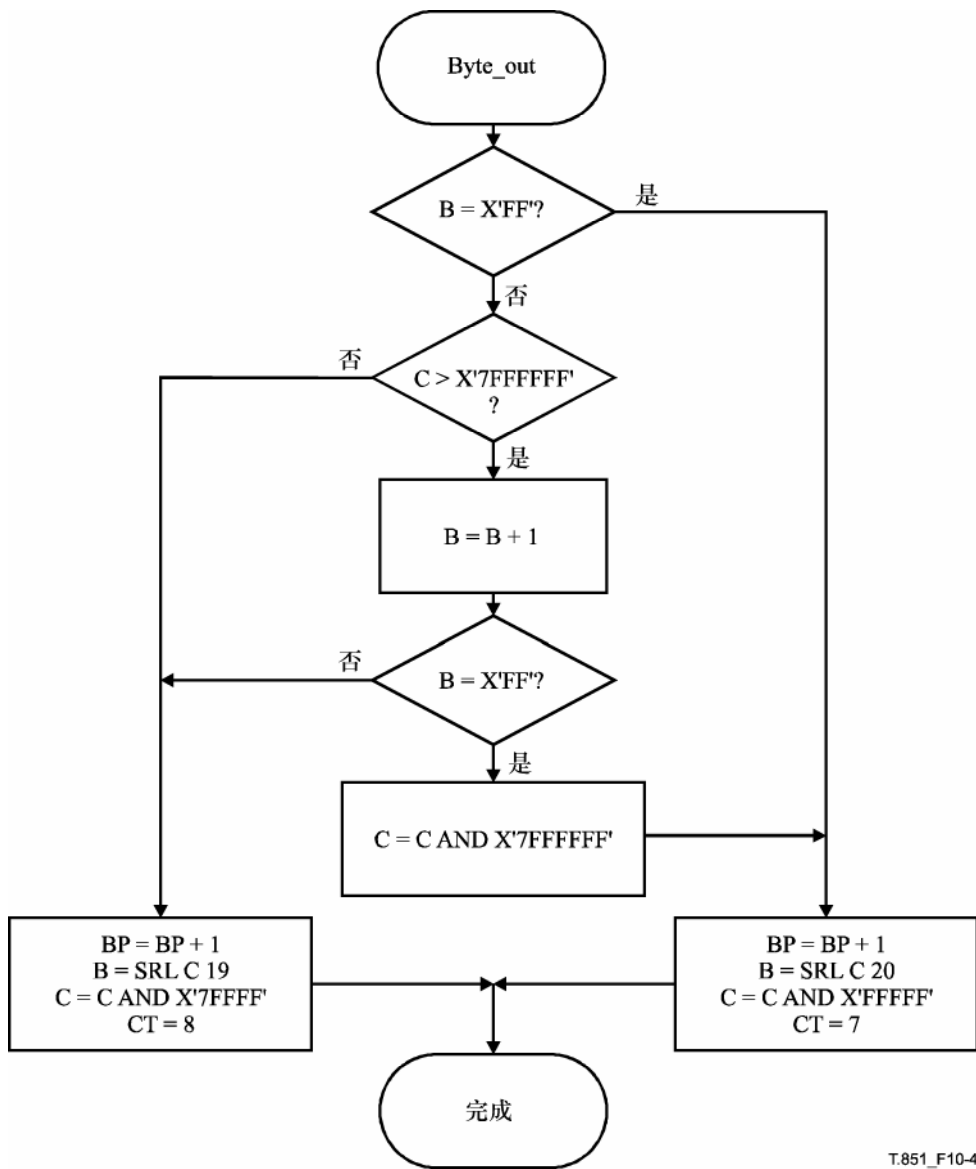


T.851_F10-3

图 10-3/T.851-Q-15 编码器的编码器重整化程序

其他的变化和引入位填充代替字节填充相关。图10-3应代替图D.7/T.81 | ISO/IEC10918-1。

注1 — 由于下一个压缩字节允许的输出位的计数不再是一个常数，而是用7或者8进行位填充，因此修正的重整化程序将CT = 8移入Byte_out中。



T.851_F10-4

图 10-4/T.851-Q-15编码器的Byte_out程序

图10-4应代替图D.8至D.11/T.81 | ISO/IEC10918-1。Byte_out程序的实现用位填充代替字节填充。

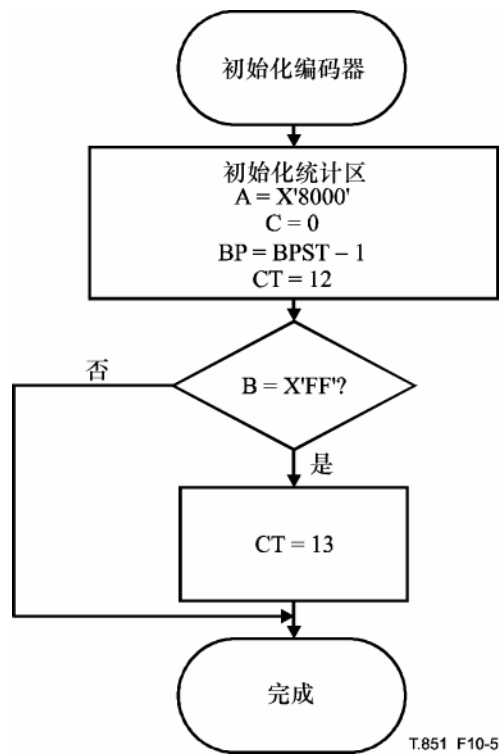


图 10-5/T.851—Q15-编码器的编码器初始化

图10-5应代替图D.12/T.81 | ISO/IEC10918-1，实现编码器的初始化。

注2 — 不再需要栈计数(SC)。A-register的初始化不再定义为一个17位常数。CT用1进行调整。该初始化保证了第一个字节不为X'FF'。这简化解码器的初始化。

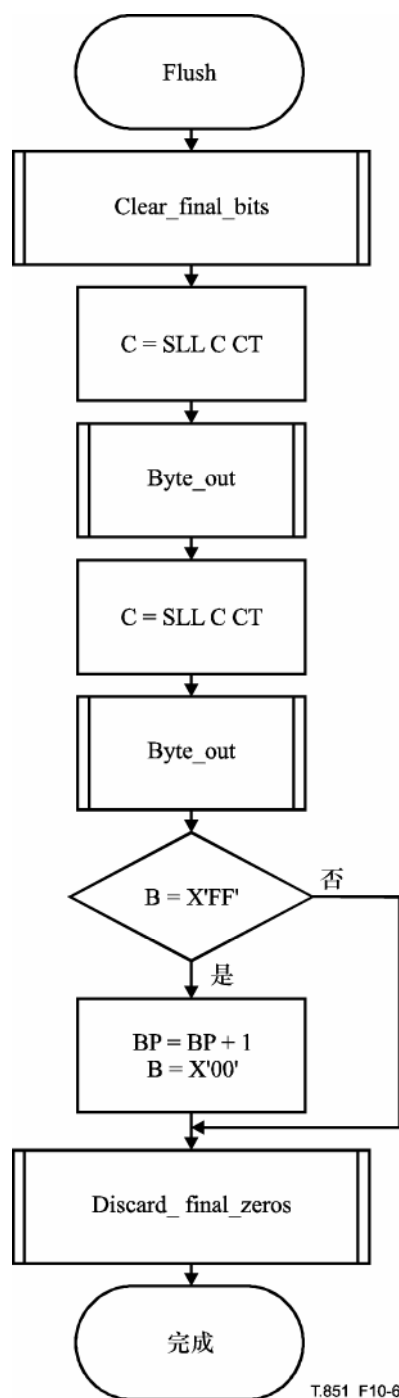
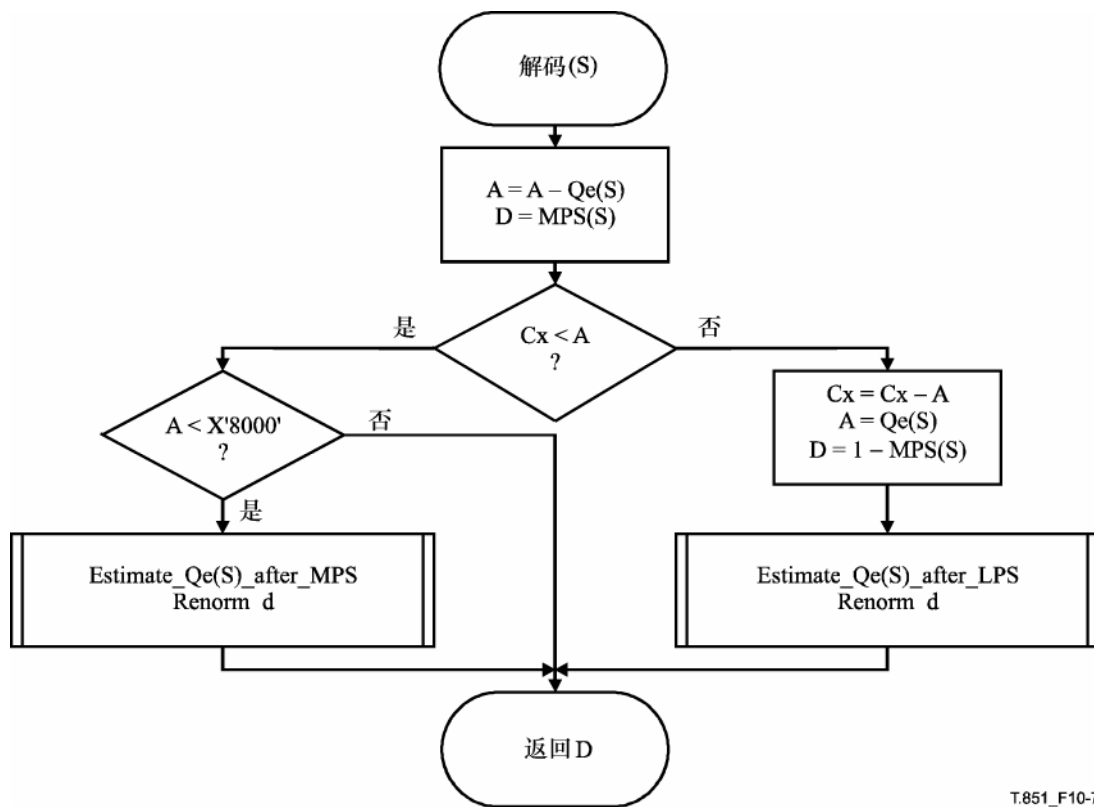


图 10-6/T.851—Q15-coder的Flush程序

图10-6应代替图D.13/T.81 | ISO/IEC10918-1显示的Flush程序。使用图D.14/T.81 | ISO/IEC10918-1显示的Clear_final_bits程序。使用图D.15/T.81 | ISO/IEC10918-1显示的Discard_final_zeros程序。

10.2 解码器程序

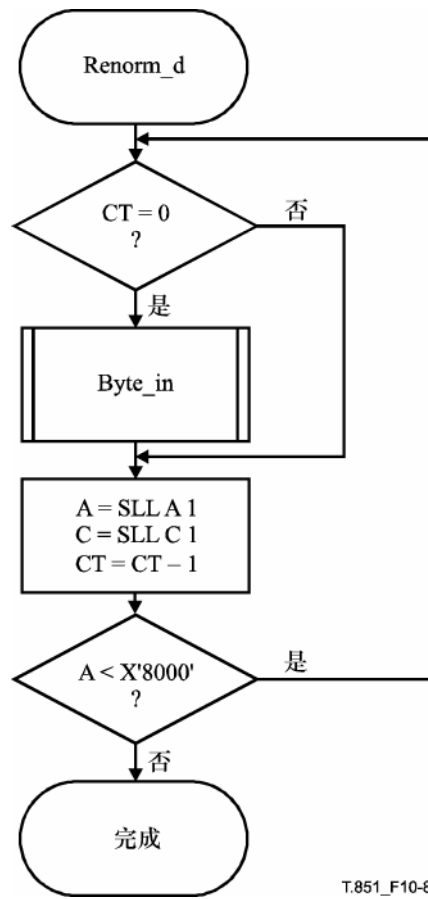
本节定义了解码器程序。



T.851_F10-7

图 10-7/T.851-Q15-编码器的解码程序

图10-7应代替图D.16至D.18/T.81| ISO/IEC10918-1。

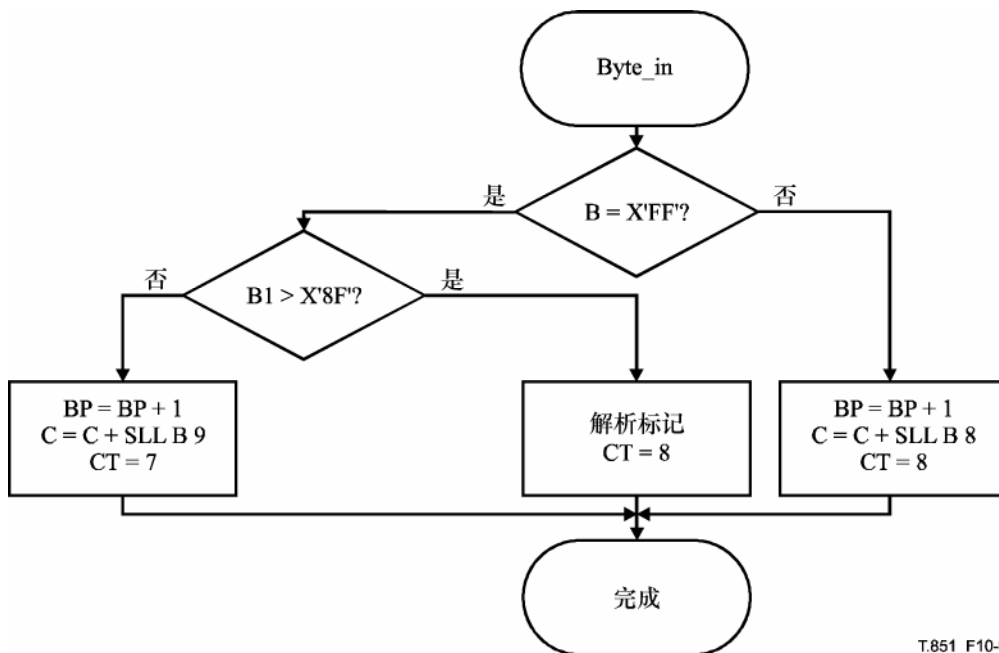


T.851_F10-8

图 10-8/T.851—解码器的重整化程序

图10-8应代替图D.19/T.81 | ISO/IEC10918-1。

注 — 有效位(CT)不再是常数，被移入Byte_in程序中。



T.851 F10-9

图 10-9/T.851—解码器的Byte_in程序

图10-9应代替图D.20和D.21/T.81 | ISO/IEC10918-1。如果位没有被填充（B不等于X'FF'），则BP应加到下一个字节。字节B应向左移8位，再添加到C上。否则，如果B是标记的第一个字节，应解析标记，且CT应设为8。缺少的位都是0，因此C应不变。如果B不是一个标记，BP应加到下一个字节，新的字节B应左移9位，加到C上。CT应设为7。

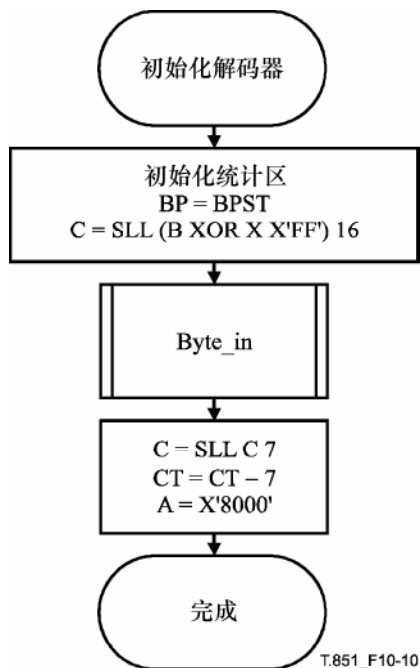


图 10-10/T.851—解码器的初始化

图10-10 应代替图D.22/T.81 | ISO/IEC10918-1。

10.3 概率估算

表5应代替表D.3/T.81 | ISO/IEC10918-1给出的概率估算状态机。每次要求固定的概率估算0.5 (用Qe = X'5601', MPS = 0代替T.81中的Qe=X'5A1D')时，表5中的索引46可以任选的代替使用。

表 5/T.851—Qe值和概率估算状态机

索引	Qe_值	下一个索引		转换_MPS
		_LPS	_MPS	
0	X'5601'	1	1	1
1	X'3401'	6	2	0
2	X'1801'	9	3	0
3	X'0AC1'	12	4	0
4	X'0521'	29	5	0
5	X'0221'	33	38	0
6	X'5601'	6	7	1
7	X'5401'	14	8	0

表 5/T.851—Qe值和概率估算状态机

索引	Qe_值	下一个索引		转换_MPS
		_LPS	_MPS	
8	X'4801'	14	9	0
9	X'3801'	14	10	0
10	X'3001'	17	11	0
11	X'2401'	18	12	0
12	X'1C01'	20	13	0
13	X'1601'	21	29	0
14	X'5601'	14	15	1
15	X'5401'	14	16	0
16	X'5101'	15	17	0
17	X'4801'	16	18	0
18	X'3801'	17	19	0
19	X'3401'	18	20	0
20	X'3001'	19	21	0
21	X'2801'	19	22	0
22	X'2401'	20	23	0
23	X'2201'	21	24	0
24	X'1C01'	22	25	0
25	X'1801'	23	26	0
26	X'1601'	24	27	0
27	X'1401'	25	28	0
28	X'1201'	26	29	0
29	X'1101'	27	30	0
30	X'0AC1'	28	31	0
31	X'09C1'	29	32	0
32	X'08A1'	30	33	0
33	X'0521'	31	34	0
34	X'0441'	32	35	0
35	X'02A1'	33	36	0
36	X'0221'	34	37	0
37	X'0141'	35	38	0
38	X'0111'	36	39	0
39	X'0085'	37	40	0
40	X'0049'	38	41	0
41	X'0025'	39	42	0
42	X'0015'	40	43	0
43	X'0009'	41	44	0
44	X'0005'	42	45	0
45	X'0001'	43	45	0
46	X'5601'	46	46	0

11 编码器和解码器的控制程序

图 E.1/T.81 | ISO/IEC10918-1 中“附加的 SOI 标记”应用“附加的 JPG 标记段”代替。图 E.6/T.81 | ISO/IEC10918-1 中“SOI?”应用“JPG?”代替。

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	线缆的构成、安装和保护及外部设备的其他组件
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备技术规程
P系列	电话传输质量、电话装置、本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网和开放系统通信及安全
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题