




Gowin MJPEG Encoder IP 用户指南

IPUG794-1.0,2022-02-17

版权所有 © 2022 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN高云、、Gowin、GowinSynthesis、云源以及高云均为广东高云半导体科技股份有限公司注册商标，本手册中提到的其他任何商标，其所有权利属其拥有者所有。未经本公司书面许可，任何单位和个人都不得擅自摘抄、复制、翻译本档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

免责声明

本档并未授予任何知识产权的许可，并未以明示或暗示，或以禁止发言或其它方式授予任何知识产权许可。除高云半导体在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外，高云半导体概不承担任何法律或非法律责任。高云半导体对高云半导体产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保，包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等，均不作担保。高云半导体对文档中包含的文字、图片及其它内容的准确性和完整性不承担任何法律或非法律责任，高云半导体保留修改文档中任何内容的权利，恕不另行通知。高云半导体不承诺对这些文档进行适时的更新。

版本信息

日期	版本	说明
2022/02/17	1.0	初始版本。

目录

目录	i
图目录	iii
表目录	iv
1 关于本手册	1
1.1 手册内容	1
1.2 相关文档	1
1.3 术语、缩略语	1
1.4 技术支持与反馈	2
2 概述	3
2.1 Gowin MJPEG Encoder IP 介绍	3
2.2 主要特征	3
2.3 最大频率	4
2.4 延时周期	4
2.5 资源利用	4
3 功能描述	5
3.1 系统框图	5
3.2 结构框图	6
3.3 结构框图说明	6
3.3.1 色彩空间转换	6
3.3.2 数据单元分割	6
3.3.3 离散余弦变换	7
3.3.4 量化	7
3.3.5 之字形扫描	8
3.3.6 Huffman Encoding	8
4 端口描述	10

5 时序说明 12

6 配置及调用 14

7 参考设计 17

8 文件交付 18

 8.1 文档 18

 8.2 参考设计 18

9 附录 19

 9.1 标准 DCT 系数矩阵 19

 9.2 标准霍夫曼表 19

 9.2.1 JPEG 推荐的亮度直流霍夫曼编码表 19

 9.2.2 JPEG 推荐的色度直流霍夫曼编码表 20

 9.2.3 JPEG 推荐的亮度交流霍夫曼编码表 21

 9.2.4 JPEG 推荐的色度交流霍夫曼编码表 26

 9.2.5 DC、AC 系数的可变字长整数编码表 31

图目录

图 3-1 Gowin MJPEG Encoder IP 系统框图	5
图 3-2 Gowin MJPEG Encoder IP 结构框图.....	6
图 3-3 标准亮度/色度量表	8
图 3-4 ZigZag 扫描图	8
图 4-1 MJPEG Encoder IP I/O 端口示意图	10
图 5-1 MJPEG Encoder IP 头文件部分时序.....	12
图 5-2 MJPEG Encoder IP 压缩数据部分时序	13
图 6-1 工具栏图标打开 IP 配置界面.....	15
图 6-2 Gowin MJPEG Encoder IP 配置页面	16
图 7-1 参考设计实例基本结构框图	17

表目录

表 1-1 术语、缩略语	1
表 2-1 Gowin MJPEG Encoder IP	3
表 2-2 资源利用 (GW2A-18 C8/I7)	4
表 4-1 Gowin MJPEG Encoder IP 的 IO 端口列表	10
表 6-1 Gowin MJPEG Encoder IP 配置选项	16
表 8-1 文档列表	18
表 8-2 Ref. Design 文件夹内容列表	18
表 9-1 JPEG 推荐的亮度直流霍夫曼编码表	19
表 9-2 JPEG 推荐的色度直流霍夫曼编码表	20
表 9-3 JPEG 推荐的亮度交流霍夫曼编码表	21
表 9-4 JPEG 推荐的色度交流霍夫曼编码表	26
表 9-5 DC、AC 系数的可变字长整数编码表	31

1 关于本手册

1.1 手册内容

Gowin® MJPEG Encoder IP 用户指南主要内容包括功能描述、端口描述、时序说明、配置调用、参考设计等，旨在帮助用户快速了解 Gowin MJPEG Encoder IP 的产品特性、特点及使用方法。

1.2 相关文档

通过登录高云®半导体网站 www.gowinsemi.com.cn 可以下载、查看以下相关文档：

- [DS102, GW2A 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS226, GW2AR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS971, GW2AN 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [SUG100, Gowin 云源软件用户指南](#)

1.3 术语、缩略语

表 1-1 中列出了本手册中出现的相关术语、缩略语及相关释义。

表 1-1 术语、缩略语

术语、缩略语	全称	含义
FPGA	Field Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
IP	Intellectual Property	知识产权
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理
SRAM	Static Random Access Memory	静态随机存储器
BSRAM	Block Static Random Access Memory	块状静态随机存储器
MJPEG	Motion Joint Photographic Experts Group	运动图像逐帧压缩技术
CSC	Color Space Convert	色彩空间转换

术语、缩略语	全称	含义
DUS	Data Unit Segmentation	数据单元分割
DCT	Discrete Cosine Transform	离散余弦变换
VLI	Variable Length Integer	可变字长整数

1.4 技术支持与反馈

高云半导体提供全方位技术支持，在使用过程中如有任何疑问或建议，可直接与公司联系：

网址：www.gowinsemi.com.cn

E-mail：support@gowinsemi.com

2 概述

2.1 Gowin MJPEG Encoder IP 介绍

Gowin MJPEG Encoder IP 是动态图像逐帧压缩编码器，可以将 RGB 影像转换成 YCbCr 格式，并根据 JPEG 编码实现动态图像压缩。

表 2-1 Gowin MJPEG Encoder IP

MJPEG Encoder IP	
IP核应用	
芯片支持	<ul style="list-style-type: none"> ● GW2A系列; ● GW2AR系列; ● GW2ANR系列;
逻辑资源	请参见表2-2。
交付文件	
设计文件	Verilog (encrypted)
参考设计	Verilog
TestBench	Verilog
测试设计流程	
综合软件	GowinSynthesis [®]
应用软件	Gowin [®] Software (V1.9.8.03及以上)

2.2 主要特征

- 输入图像尺寸大小支持 64*64~1920x1080 像素;
- 输入图像数据位宽支持 24 bits;
- 输出图像数据位宽支持 8 bits。

2.3 最大频率

Gowin MJPEG Encoder IP 的最大频率主要根据所用器件的速度等级（speed grade of the devices）以及配置参数决定确定。使用 GW2A-18 系列器件时，最高可达到 90MHz。

2.4 延时周期

Gowin MJPEG Encoder IP 的延时周期通常为 1 个时钟周期。

2.5 资源利用

Gowin MJPEG Encoder IP 的资源利用情况主要依赖于图像尺寸大小等配置情况决定。使用不同器件时，其资源利用情况可能不同。

以下以 GW2A-18 系列 FPGA 为例，在不同配置下，Gowin MJPEG Encoder IP 资源利用情况如下表 2-2 所示。

表 2-2 资源利用（GW2A-18 C8/I7）

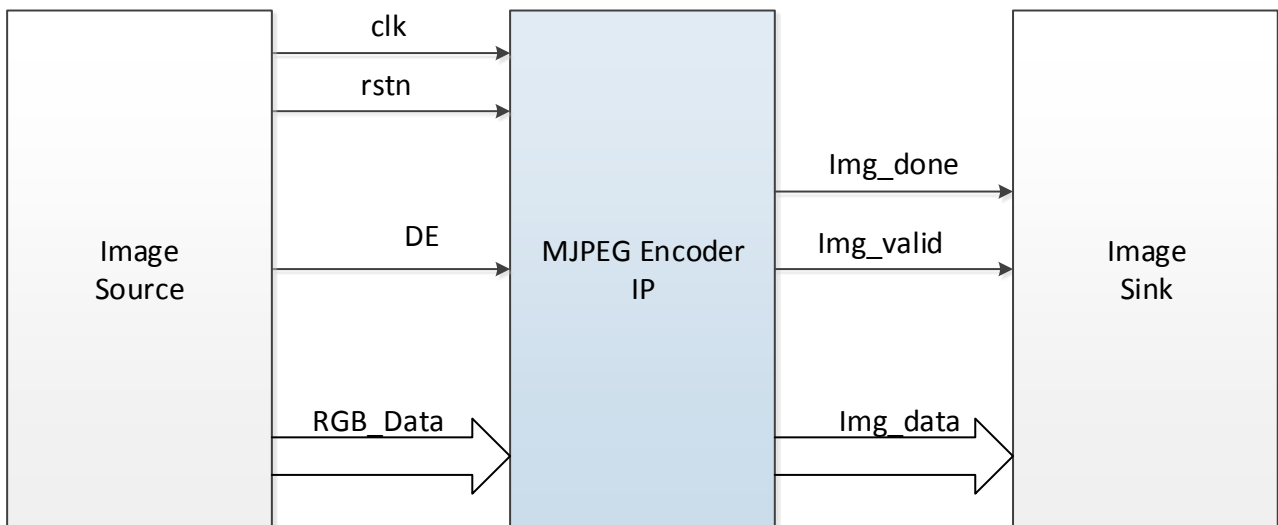
Frame Size	LOGICs	REGs	DSP Macros	BSRAMs	SSRAMs
640*480	6091	5833	3	26	43

3 功能描述

3.1 系统框图

Gowin MJPEG Encoder IP 接收图像源的 RGB 图像数据，经过色彩空间转换、数据单元分割、离散余弦变换、量化、ZigZag 变换、熵编码等步骤后进行输出，系统框图如图 3-1 所示。

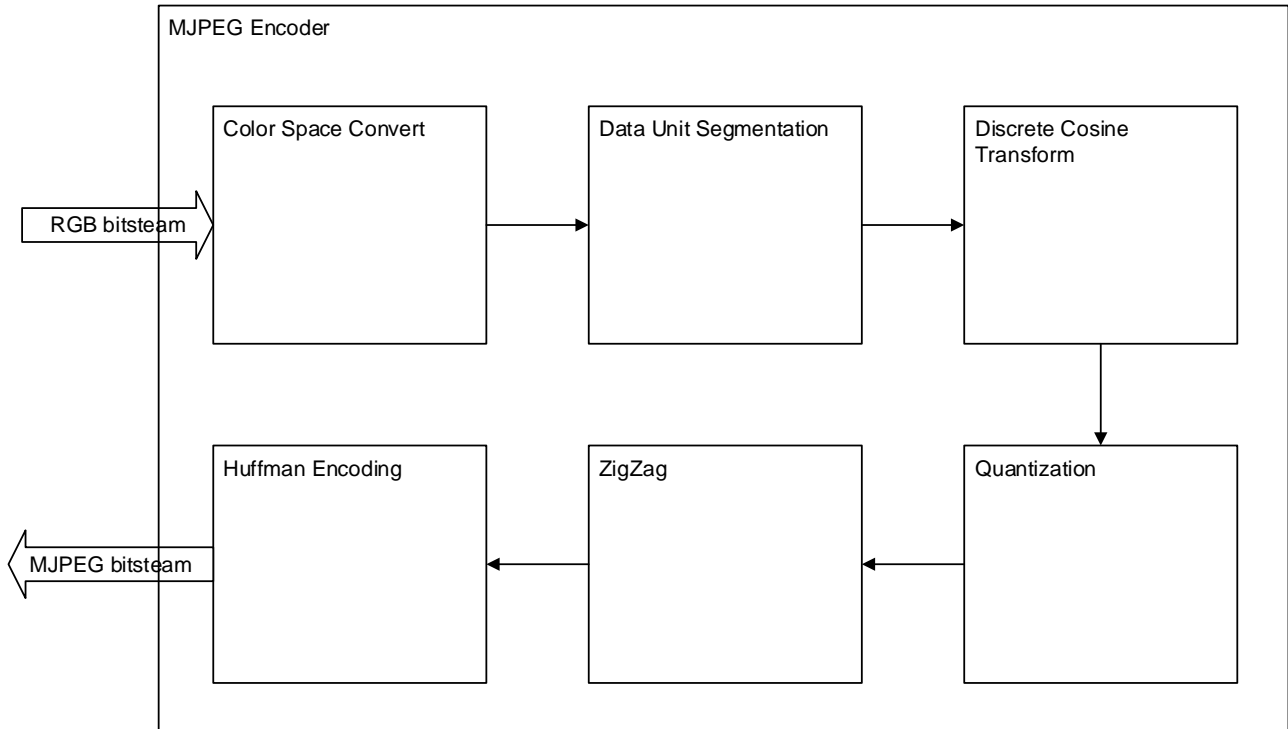
图 3-1 Gowin MJPEG Encoder IP 系统框图



3.2 结构框图

Gowin MJPEG Encoder IP 的结构图如图 3-2 所示。

图 3-2 Gowin MJPEG Encoder IP 结构框图



3.3 结构框图说明

3.3.1 色彩空间转换

色彩空间转换 (Color Space Convert), 将 RGB 图像数据转化为 YCbCr 图像数据。转换公式如下所示:

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$

3.3.2 数据单元分割

数据单元分割 (Data Unit Segmentation), 将图像分割为 8*8 像素的数据单元, 便于 DCT 运算。

3.3.3 离散余弦变换

离散余弦变换（Discrete Cosine Transform）可以将图像从时域空间变换到频域空间。计算公式如下所示：

$$F(u, v) = Af(x, y)A^T$$

其中 $f(x, y)$ 是 8×8 的样本数据， A 是 8×8 的系数矩阵， $F(x, y)$ 是变换后的结果。 A 中各个元素的计算公式如下：

$$A_{xy} = C_x \cos \frac{(2y+1)x\pi}{16}$$

$$C(x) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{8}}, & x = 0 \\ \sqrt{\frac{1}{4}}, & x \neq 0 \end{cases}$$

展开后计算公式如下：

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos\left[\frac{(2X+1)\pi}{16} u\right] \cos\left[\frac{(2y+1)\pi}{16} v\right]$$

$$C(x) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2}}, & x = 0 \\ 1, & x \neq 0 \end{cases}$$

其中, $f(x)$ 为 8×8 的数据单元， $F(u)$ 是 DCT 变换后的系数， $c(u)$ 是一个补偿系数，可以使 DCT 矩阵变换为正交矩阵。

上述运算需要经过两次矩阵相乘, 故又称之为二维 DCT。对于二维 DCT, 可以通过两次一维 DCT 实现。首先计算 $Z=Af(x, y)$, 并将结果进行转置缓存得到 Z^T , 将缓存结果读出后再次进行一维 DCT 变换 $F(x, y)^T=Z^T A^T$, 将结果进行转置缓存后即可得到二维 DCT 的结果 $F(x, y)$ 。

3.3.4 量化

量化（Quantization）即 DCT 变化系数除以量化步长，用于降低 DCT 系数的精度。由于人眼对低频分量的变化感知要比高频分量更敏感，JPEG 标准采用不等长量化，量化公式如下所示：

$$FQ(x, y) = \text{round}\left(\frac{F(x, y)}{Q(x, y)}\right)$$

其中， $F(x, y)$ 为 DCT 系数， $Q(x, y)$ 为量化系数， $FQ(x, y)$ 为量化结果。

下图是两张推荐的量化表格：

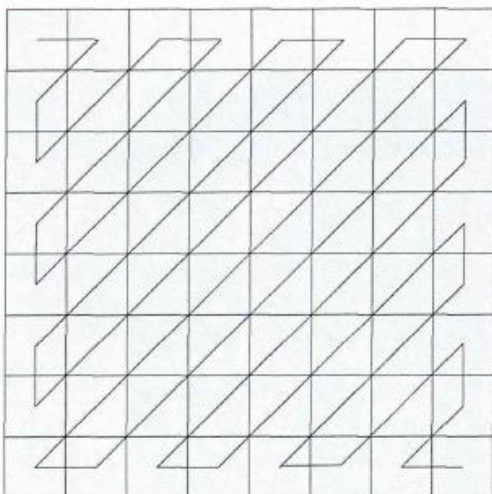
图 3-3 标准亮度/色度量化表

亮度量化表								色度量化表							
16	11	10	16	24	40	51	61	17	18	24	47	99	99	99	99
12	12	14	19	26	58	60	55	18	21	26	66	99	99	99	99
14	13	16	24	40	57	69	56	24	16	56	99	99	99	99	99
14	17	22	29	51	87	80	62	47	66	99	99	99	99	99	99
18	22	37	56	68	109	103	77	99	99	99	99	99	99	99	99
24	35	55	64	81	104	113	92	99	99	99	99	99	99	99	99
49	64	78	87	103	121	120	101	99	99	99	99	99	99	99	99
72	92	95	98	112	100	103	99	99	99	99	99	99	99	99	99

3.3.5 之字形扫描

之字形扫描 (ZigZag)。量化后的系数具有大量的 0 值系数，为了提升游程编码的效果，需要对量化后的系数重新排序，如下图所示：

图 3-4 ZigZag 扫描图

	0	1	5	6	14	15	27	28
	2	4	7	14	16	26	29	42
	3	8	12	17	25	30	41	43
	9	11	18	24	31	40	44	53
	10	19	23	32	39	45	52	54
	20	22	33	38	46	51	55	60
	21	34	37	47	50	56	59	61
	35	36	48	49	57	58	62	63

3.3.6 Huffman Encoding

熵编码主要包含差分编码、游程编码、霍夫曼编码等：

首先定义 DC(直流分量)与 AC (交流分量)。在一个经过了 ZigZag 变换的 8*8 的数据单元中，(0, 0) 位置的数据为 DC，其余数据为 AC。DC 代表了该块变换前的数据的平均值，相邻块的直流分量往往比较接近。AC 的第一个值往往为所有交流分量的最大值，代表了对图像影响最大的交流分量。在一个非零交流分量之前往往会存在大量连续的 0，而且交流分量的最后通常会全是 0。

差分编码主要针对 DC 进行。每幅图像只保留各个类型的第一个数据单元的 DC，其余数据单元的 DC 用前一个数据单元的 DC 的差值表示。即：

$$DIFF = DC_i - DC_{i-1}$$

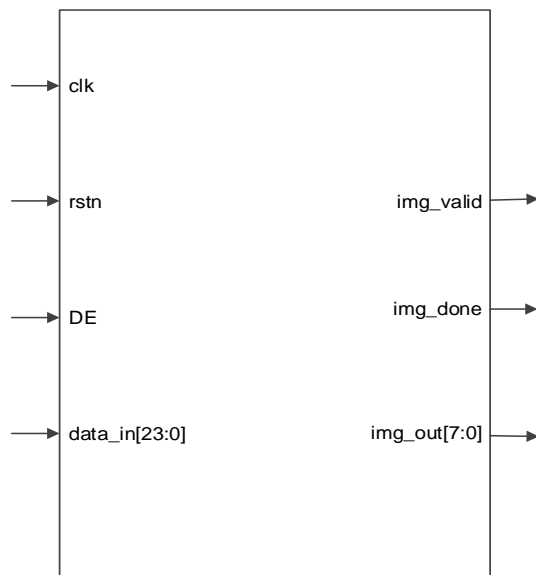
游程编码主要针对 AC 进行。用一系列的 RUN/LEVEL 对表示数据流，其中 RUN 表示非零数据前零的个数，LEVEL 表示非零数据的大小。如果 Zigzag 扫描到连续为 0 的 AC 个数大于 15，则用 15/0 来表示连续的 16 个 0，15/0 称为 Zero Run Length。如果 Zigzag 扫描到某一个非零数据后所有的数据均为 0，则产生 End of Block (EOB) 信号，表示数据单元的提前结束。

霍夫曼编码 (Huffman Encoding) 算法将出现频率比较高的 RUN/SIZE 值用比较短的码字表示，将出现频率比较低的 RUN/SIZE 值用比较长的码字表示。JPEG 标准对所使用的霍夫曼码字做了进一步的限制，称之为标准霍夫曼，详见 [9.2](#) 标准霍夫曼表。

4 端口描述

Gowin MJPEG Encoder IP 的 I/O 端口如图 4-1 所示。

图 4-1 MJPEG Encoder IP I/O 端口示意图



有关 Gowin MJPEG Encoder IP 的 I/O 端口详情，如表 4-1 所示。

表 4-1 Gowin MJPEG Encoder IP 的 IO 端口列表

信号	方向	位宽	描述
clk	I	1	输入时钟信号
rstn	I	1	复位信号，低电平有效。
DE	I	1	输入数据有效信号
data_in	I	24	输入图像数据信号
img_valid	O	1	输出有效信号，高电平时表示此时输出信号为有效值。
img_out	O	8	输出图像数据信号

信号	方向	位宽	描述
img_done	O	1	输出图像帧完成信号

5 时序说明

本章主要介绍 Gowin MJPEG Encoder IP 的时序情况。

Gowin MJPEG Encoder IP 的数据输出可根据时间前后划分为两个部分，先输出头文件部分，再输出压缩数据部分。每帧图像的前 623 个有效数据为头文件部分，此后为压缩数据部分。

Gowin MJPEG Encoder IP 运算后数据会将延时一定周期后输出。头文件部分通常延时一个时钟周期，时序如图 5-1 所示。压缩数据部分通常延时 $(8 * \text{Maximum_Columns} + 175)$ 个时钟周期，时序如图 5-2 所示

图 5-1 MJPEG Encoder IP 头文件部分时序

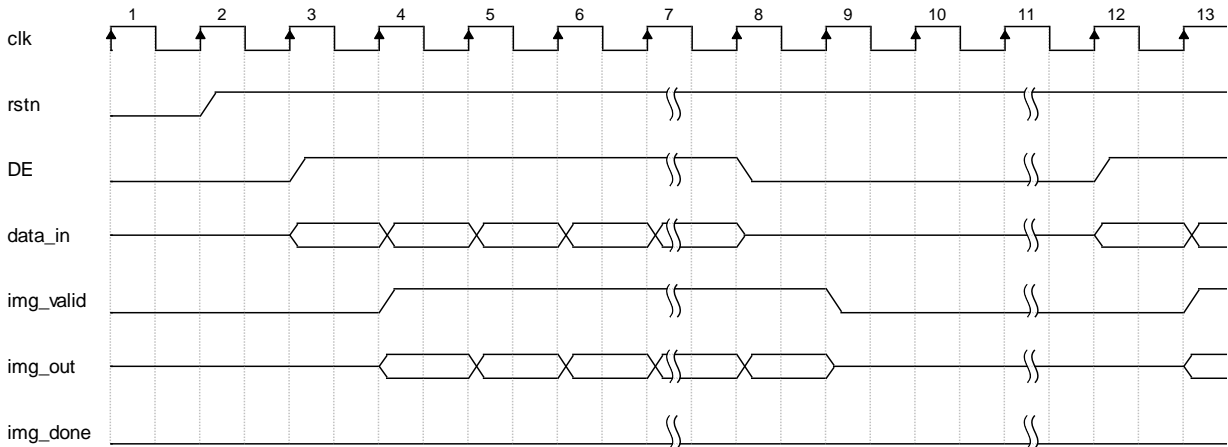
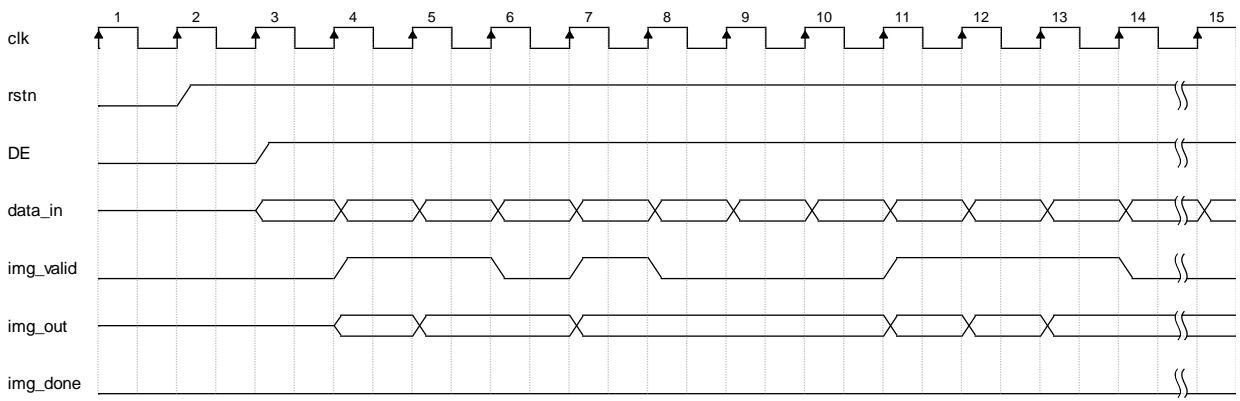


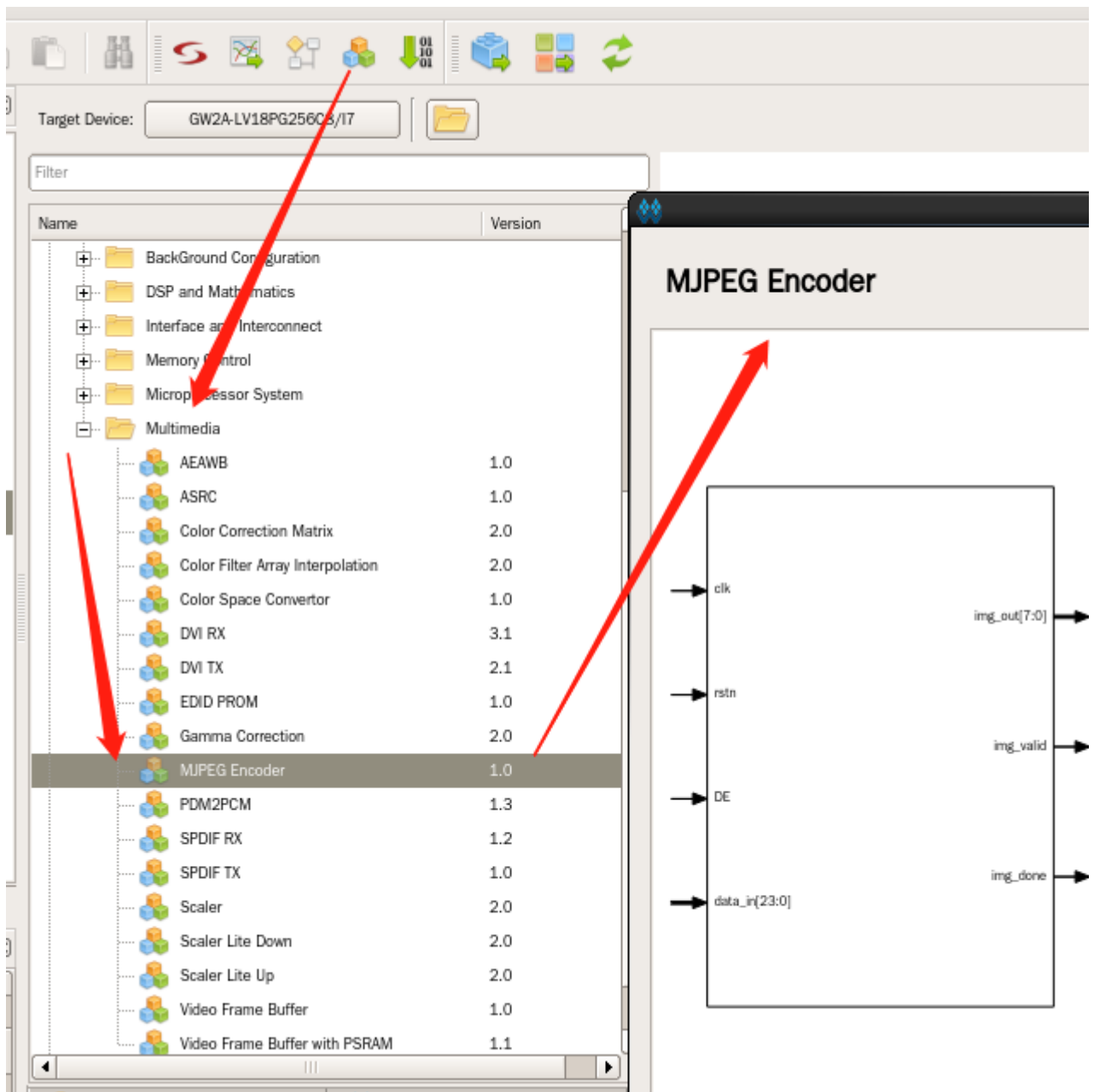
图 5-2 MJPEG Encoder IP 压缩数据部分时序



6 配置及调用

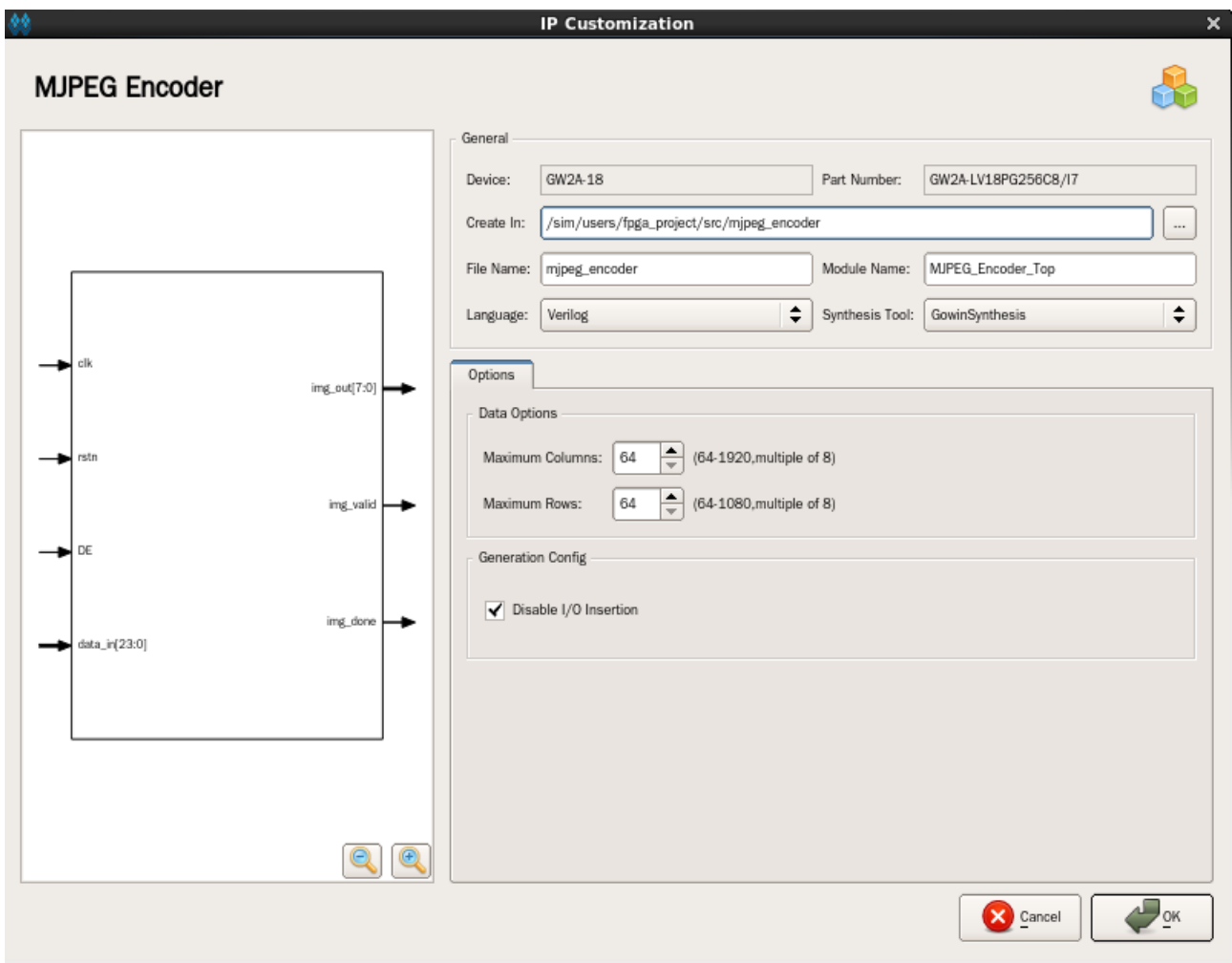
在高云云源[®]软件界面菜单栏“Tools”下，可启动“IP Core Generator”工具，在“Multimedia”分类下，可以找到“MJPEG Encoder”完成调用与配置；也可使用工具栏图标，如图 6-1 所示。

图 6-1 工具栏图标打开 IP 配置界面



Gowin MJPEG Encoder IP 配置界面如图 6-2 所示。

图 6-2 Gowin MJPEG Encoder IP 配置页面



- 可通过修改“File Name”，配置产生 IP 文件名称；
- 可通过修改“Module Name”，配置产生的 IP 模块名称；
- 可通过配置“Options”选项，配置 IP 工作模式及其他配置。

Gowin MJPEG Encoder IP 配置选项如下表 6-1 所示。

表 6-1 Gowin MJPEG Encoder IP 配置选项

选项	描述
Maximum Columns	输入图像列数
Maximum Rows	输入图像行数

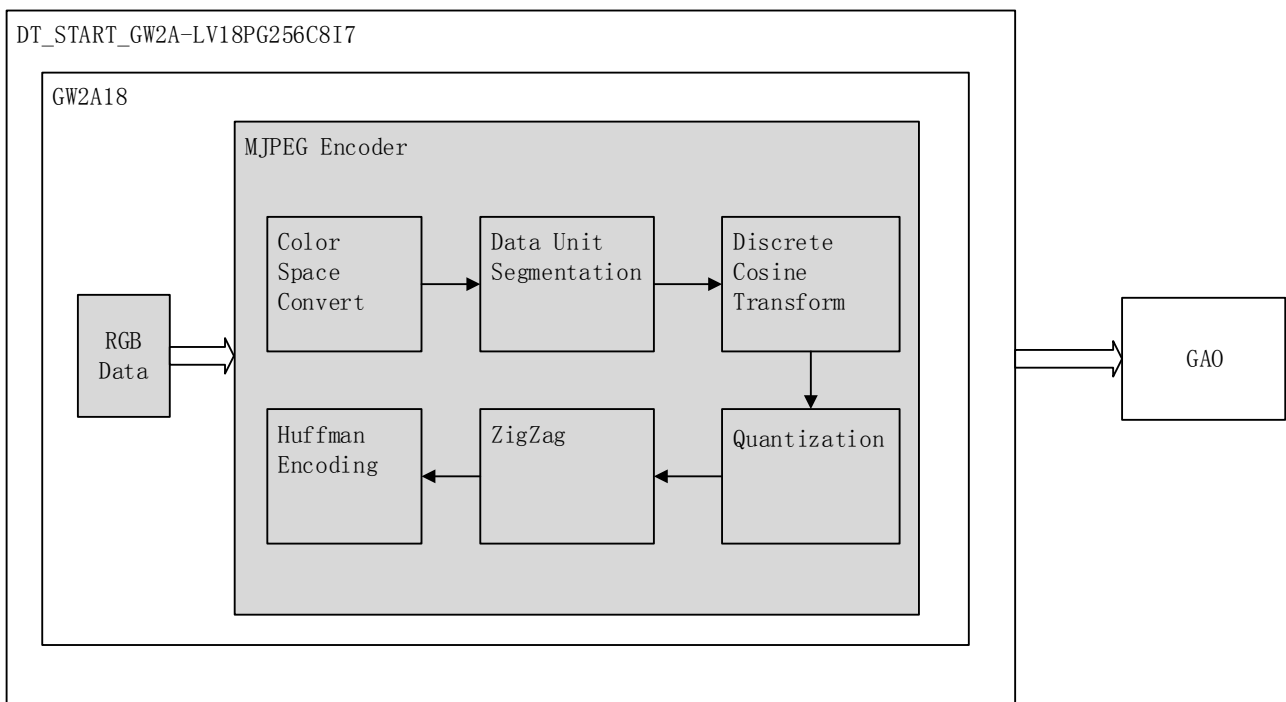
7 参考设计

可参考 [RefDesign](#) 内相关测试案例。

设计实例应用

利用该设计实例能够快速验证 Gowin MJPEG Encoder IP 的功能。当该参考设计应用于板级测试时，用户需为参考设计提供合适的激励，信号的观测可配合在线逻辑分析仪或示波器进行，示例如图 7-1 所示。

图 7-1 参考设计实例基本结构框图



RGB Data 用于生成 RGB 数据，GAO 用于观察输出数据。

8 文件交付

Gowin MJPEG Encoder IP 交付文件主要包含两个部分，分别为：文档和参考设计。

8.1 文档

文件夹主要包含用户指南 PDF 文档。

表 8-1 文档列表

名称	描述
IPUG794, Gowin MJPEG Encoder IP用户指南	高云IP用户手册，即本手册。
RN794 , Gowin MJPEG Encoder IP发布说明	高云IP发布说明

8.2 参考设计

Ref. Design 文件夹主要包含 Gowin MJPEG Encoder IP 的网表文件，用户参考设计，约束文件、顶层文件及工程文件夹等。

表 8-2 Ref. Design 文件夹内容列表

名称	描述
mjpeg_exp.v	参考设计的顶层module及激励产生模块
mjpeg_encoder.vo	网表文件
demo.cst	工程物理约束文件
fpga_project.sdc	工程时序约束文件
fpga_project.rao	抓取MJPEG Encoder输出数据
mjpeg_encoder	工程文件夹

9 附录

9.1 标准 DCT 系数矩阵

DCT 中系数矩阵 A 的具体数值如下所示：

$$A = \begin{bmatrix} a & a & a & a & a & a & a & a \\ b & d & e & g & -g & -e & -d & -b \\ c & f & -f & -c & -c & -f & f & c \\ d & -g & -b & -e & e & b & g & -d \\ a & -a & -a & a & a & -a & -a & a \\ e & -b & g & d & -d & -g & b & -e \\ f & -c & c & -f & -f & c & -c & f \\ g & -e & d & -b & b & -d & e & -g \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \cos(4\pi/16) \\ \cos(\pi/16) \\ \cos(2\pi/16) \\ \cos(3\pi/16) \\ \cos(5\pi/16) \\ \cos(6\pi/16) \\ \cos(7\pi/16) \end{bmatrix}$$

9.2 标准霍夫曼表

9.2.1 JPEG 推荐的亮度直流霍夫曼编码表

表 9-1 JPEG 推荐的亮度直流霍夫曼编码表

类别	代码长度	码字
0	2	00
1	3	010
2	3	011
3	3	100
4	3	101

类别	代码长度	码字
5	3	110
6	4	1110
7	5	11110
8	6	111110
9	7	1111110
10	8	11111110
11	9	111111110

9.2.2 JPEG 推荐的色度直流霍夫曼编码表

表 9-2 JPEG 推荐的色度直流霍夫曼编码表

类别	代码长度	码字
0	2	00
1	2	01
2	2	10
3	3	110
4	4	1110
5	5	11110
6	6	111110
7	7	1111110
8	8	11111110
9	9	111111110
10	10	1111111110
11	11	11111111110

9.2.3 JPEG 推荐的亮度交流霍夫曼编码表

表 9-3 JPEG 推荐的亮度交流霍夫曼编码表

游程/大小	代码长度	码字
0/0 (EOB)	4	1010
0/1	2	00
0/2	2	01
0/3	3	100
0/4	4	1011
0/5	5	11010
0/6	7	1111000
0/7	8	11111000
0/8	10	1111110110
0/9	16	1111111110000010
0/A	16	1111111110000011
1/1	4	1100
1/2	5	11011
1/3	7	1111001
1/4	9	111110110
1/5	11	11111110110
1/6	16	1111111110000100
1/7	16	1111111110000101
1/8	16	1111111110000110
1/9	16	1111111110000111
1/A	16	1111111110001000
2/1	5	11100
2/2	8	11111001
2/3	10	1111110111
2/4	12	111111110100
2/5	16	1111111110001001
2/6	16	1111111110001010
2/7	16	1111111110001011
2/8	16	1111111110001100
2/9	16	1111111110001101
2/A	16	1111111110001110

游程/大小	代码长度	码字
3/1	6	111010
3/2	9	111110111
3/3	12	11111110101
3/4	16	111111110001111
3/5	16	111111110010000
3/6	16	111111110010001
3/7	16	111111110010010
3/8	16	111111110010011
3/9	16	111111110010100
3/A	16	111111110010101
4/1	6	111011
4/2	10	111111000
4/3	16	111111110010110
4/4	16	111111110010111
4/5	16	111111110011000
4/6	16	111111110011001
4/7	16	111111110011010
4/8	16	111111110011011
4/9	16	111111110011100
4/A	16	111111110011101
5/1	7	1111010
5/2	11	1111110111
5/3	16	111111110011110
5/4	16	111111110011111
5/5	16	111111110100000
5/6	16	111111110100001
5/7	16	111111110100010
5/8	16	111111110100011
5/9	16	111111110100100
5/A	16	111111110100101
6/1	7	1111011
6/2	12	11111110110
6/3	16	111111110100110
6/4	16	111111110100111

游程/大小	代码长度	码字
6/5	16	111111110101000
6/6	16	111111110101001
6/7	16	111111110101010
6/8	16	111111110101011
6/9	16	111111110101100
6/A	16	111111110101101
7/1	8	11111010
7/2	12	11111110111
7/3	16	111111110101110
7/4	16	111111110101111
7/5	16	111111110110000
7/6	16	111111110110001
7/7	16	111111110110010
7/8	16	111111110110011
7/9	16	111111110110100
7/A	16	111111110110101
8/1	9	111111000
8/2	15	11111111000000
8/3	16	111111110110110
8/4	16	111111110110111
8/5	16	111111110111000
8/6	16	111111110111001
8/7	16	111111110111010
8/8	16	111111110111011
8/9	16	111111110111100
8/A	16	111111110111101
9/1	9	111111001
9/2	16	111111110111110
9/3	16	111111110111111
9/4	16	111111111000000
9/5	16	111111111000001
9/6	16	111111111000010
9/7	16	111111111000011
9/8	16	111111111000100

游程/大小	代码长度	码字
9/9	16	111111111000101
9/A	16	111111111000110
A/1	9	11111010
A/2	16	111111111000111
A/3	16	111111111001000
A/4	16	111111111001001
A/5	16	111111111001010
A/6	16	111111111001011
A/7	16	111111111001100
A/8	16	111111111001101
A/9	16	111111111001110
A/A	16	111111111001111
B/1	10	111111001
B/2	16	111111111010000
B/3	16	111111111010001
B/4	16	111111111010010
B/5	16	111111111010011
B/6	16	111111111010100
B/7	16	111111111010101
B/8	16	111111111010110
B/9	16	111111111010111
B/A	16	111111111011000
C/1	10	111111010
C/2	16	111111111011001
C/3	16	111111111011010
C/4	16	111111111011011
C/5	16	111111111011100
C/6	16	111111111011101
C/7	16	111111111011110
C/8	16	111111111011111
C/9	16	111111111100000
C/A	16	111111111100001
D/1	11	1111111000
D/2	16	111111111100010

游程/大小	代码长度	码字
D/3	16	111111111100011
D/4	16	111111111100100
D/5	16	111111111100101
D/6	16	111111111100110
D/7	16	111111111100111
D/8	16	111111111101000
D/9	16	111111111101001
D/A	16	111111111101010
E/1	16	111111111101011
E/2	16	111111111101100
E/3	16	111111111101101
E/4	16	111111111101110
E/5	16	111111111101111
E/6	16	111111111100000
E/7	16	111111111100001
E/8	16	111111111100010
E/9	16	111111111100011
E/A	16	111111111100100
F/0 (ZRL)	11	1111111001
F/1	16	111111111101010
F/2	16	111111111101011
F/3	16	111111111101011
F/4	16	111111111100000
F/5	16	111111111100001
F/6	16	111111111100010
F/7	16	111111111100011
F/8	16	111111111100100
F/9	16	111111111100101
F/A	16	111111111100110

9.2.4 JPEG 推荐的色度交流霍夫曼编码表

表 9-4 JPEG 推荐的色度交流霍夫曼编码表

游程/大小	代码长度	码字
0/0 (EOB)	2	00
0/1	2	01
0/2	3	100
0/3	4	1010
0/4	5	11000
0/5	5	11001
0/6	6	111000
0/7	7	1111000
0/8	9	111110100
0/9	10	1111110110
0/A	12	111111110100
1/1	4	1011
1/2	6	111001
1/3	8	11110110
1/4	9	111110101
1/5	11	11111110110
1/6	12	111111110101
1/7	16	1111111110001000
1/8	16	1111111110001001
1/9	16	1111111110001010
1/A	16	1111111110001011
2/1	5	11010
2/2	8	11110111
2/3	10	1111110111
2/4	12	111111110110
2/5	15	111111111000010
2/6	16	1111111110001100
2/7	16	1111111110001101
2/8	16	1111111110001110
2/9	16	1111111110001111
2/A	16	1111111110010000

游程/大小	代码长度	码字
3/1	5	11011
3/2	8	11111000
3/3	10	111111000
3/4	12	11111110111
3/5	16	111111110010001
3/6	16	111111110010010
3/7	16	111111110010011
3/8	16	111111110010100
3/9	16	111111110010101
3/A	16	111111110010110
4/1	6	111010
4/2	9	11110110
4/3	16	111111110010111
4/4	16	111111110011000
4/5	16	111111110011001
4/6	16	111111110011010
4/7	16	111111110011011
4/8	16	111111110011100
4/9	16	111111110011101
4/A	16	111111110011110
5/1	6	111011
5/2	10	111111001
5/3	16	111111110011111
5/4	16	111111110100000
5/5	16	111111110100001
5/6	16	111111110100010
5/7	16	111111110100011
5/8	16	111111110100100
5/9	16	111111110100101
5/A	16	111111110100110
6/1	7	1111001
6/2	11	1111110111
6/3	16	111111110100111
6/4	16	111111110101000

游程/大小	代码长度	码字
6/5	16	1111111110101001
6/6	16	1111111110101010
6/7	16	1111111110101011
6/8	16	1111111110101100
6/9	16	1111111110101101
6/A	16	1111111110101110
7/1	7	1111010
7/2	11	1111111000
7/3	16	111111110101111
7/4	16	111111110110000
7/5	16	111111110110001
7/6	16	111111110110010
7/7	16	111111110110011
7/8	16	111111110110100
7/9	16	111111110110101
7/A	16	111111110110110
8/1	8	11111001
8/2	16	111111110110111
8/3	16	111111110111000
8/4	16	111111110111001
8/5	16	111111110111010
8/6	16	111111110111011
8/7	16	111111110111100
8/8	16	111111110111101
8/9	16	111111110111110
8/A	16	111111110111111
9/1	9	111110111
9/2	16	1111111111000000
9/3	16	1111111111000001
9/4	16	1111111111000010
9/5	16	1111111111000011
9/6	16	1111111111000100
9/7	16	1111111111000101
9/8	16	1111111111000110

游程/大小	代码长度	码字
9/9	16	1111111111000111
9/A	16	1111111111001000
A/1	9	111111000
A/2	16	1111111111001001
A/3	16	1111111111001010
A/4	16	1111111111001011
A/5	16	1111111111001100
A/6	16	1111111111001101
A/7	16	1111111111001110
A/8	16	1111111111001111
A/9	16	1111111111010000
A/A	16	1111111111010001
B/1	9	111111001
B/2	16	1111111111010010
B/3	16	1111111111010011
B/4	16	1111111111010100
B/5	16	1111111111010101
B/6	16	1111111111010110
B/7	16	1111111111010111
B/8	16	1111111111011000
B/9	16	1111111111011001
B/A	16	1111111111011010
C/1	9	111111010
C/2	16	1111111111011011
C/3	16	1111111111011100
C/4	16	1111111111011101
C/5	16	1111111111011110
C/6	16	1111111111011111
C/7	16	1111111111100000
C/8	16	1111111111100001
C/9	16	1111111111100010
C/A	16	1111111111100011
D/1	11	1111111001
D/2	16	1111111111100100

游程/大小	代码长度	码字
D/3	16	1111111111100101
D/4	16	1111111111100110
D/5	16	1111111111100111
D/6	16	1111111111101000
D/7	16	1111111111101001
D/8	16	1111111111101010
D/9	16	1111111111101011
D/A	16	1111111111101100
E/1	14	1111111100000
E/2	16	1111111111101101
E/3	16	1111111111101110
E/4	16	1111111111101111
E/5	16	111111111110000
E/6	16	111111111110001
E/7	16	111111111110010
E/8	16	111111111110011
E/9	16	111111111110100
E/A	16	111111111110101
F/0 (ZRL)	10	111111010
F/1	15	11111111000011
F/2	16	111111111110110
F/3	16	111111111110111
F/4	16	11111111111000
F/5	16	11111111111001
F/6	16	11111111111010
F/7	16	11111111111011
F/8	16	1111111111100
F/9	16	1111111111101
F/A	16	111111111110

9.2.5 DC、AC 系数的可变字长整数编码表

表 9-5 DC、AC 系数的可变字长整数编码表

值	大小	比特
0	0	-
-1, 1	1	0, 1
-3, -2, 2, 3	2	00, 01, 10, 11
-7, -6, -5, -4, 4, 5, 6, 7	3	000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111
-15, ..., -8, 8, ..., 15	4	0000, ..., 0111, 1000, ..., 1111
-31, ..., -16, 16, ..., 31	5	0 0000, ..., 0 1111, 1 0000, ..., 1 1111
-63, ..., -32, 32, ..., 63	6	00 0000, ..., ..., 11 1111
-127, ..., -64, 64, ..., 127	7	000 0000, ..., ..., 111 1111
-255, ..., -128, 128, ..., 255	8	0000 0000, ..., ..., 1111 1111
-511, ..., -256, 256, ..., 511	9	0 0000 0000, ..., ..., 1 1111 1111
-1023, ..., -512, 512, ..., 1023	10	00 0000 0000, ..., ..., 11 1111 1111
-2047, ..., -1024, 1024, ..., 2047	11	000 0000 0000, ..., ..., 111 1111 1111
-4095, ..., -2048, 2048, ..., 4095	12	0000 0000 0000, ..., ..., 1111 1111 1111
-8191, ..., -4096, 4096, ..., 8191	13	0 0000 0000 0000, ..., ..., 1 1111 1111 1111
-16383, ..., -8192, 8192, ..., 16383	14	00 0000 0000 0000, ..., ..., 11 1111 1111 1111
-32767, ..., -16384, 16384, ..., 32767	15	000 0000 0000 0000, ..., ..., 111 1111 1111 1111

