

TJ61 光机使用说明 V1. 2

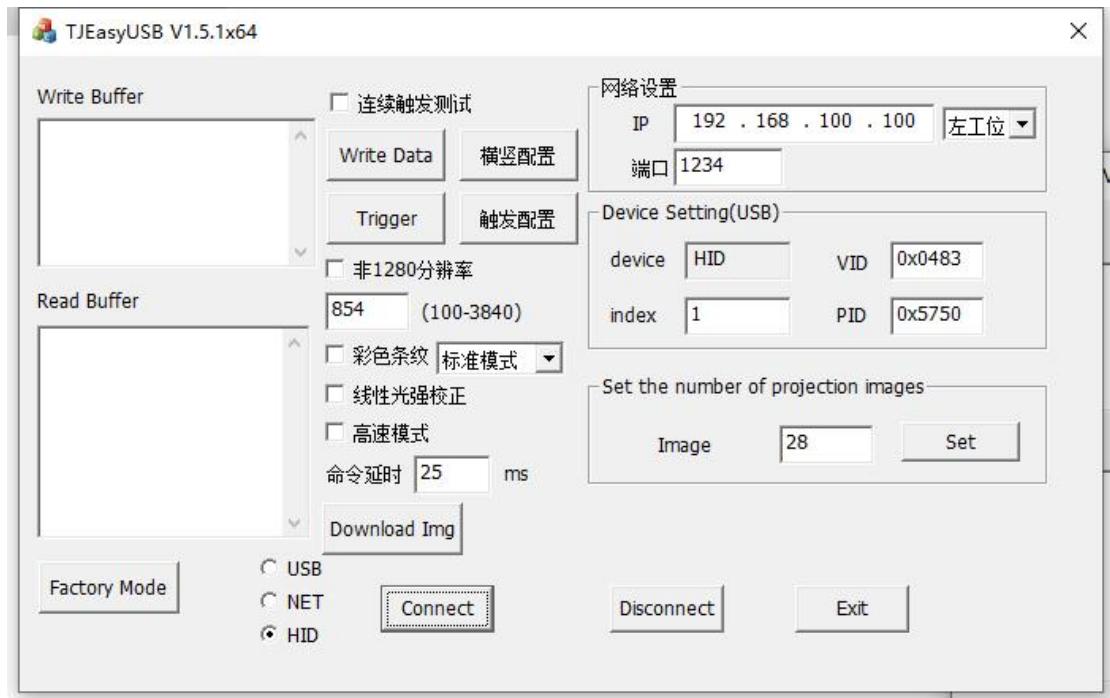
一、基本性能

1. 光机分辨率: **960*540**; **.23DMD**; 光机帧率: **120Hz**;
2. 投射比: 1. 2:1 无仰角 外观尺寸: 48*53*32mm 净重: 105g
3. 具有触发信号输出, 可用于硬触发相机, 触发脉冲为 **12V 或 3V3** 高电平脉冲。(如需 3V3 电平要提前告知) 线序参考文档末尾的图片;
4. 可通过 USB 连接 PC, 控制图像输出, 下载条纹的功能;
5. 可下载用户条纹数据, 最多 100 幅;
6. 具有 LED 亮度调节及开关功能。
7. 电源输入为 **12V/4A**。
8. 支持左右斜条纹投影。
9. 可通过串口, 控制图像输出;

特别注明: 本光机需连接 USB 并装好驱动后才可正常工作。USB 设备为 HID 设备, 驱动会在连上后会自动搜索安装, 并无特定驱动。
设备 vid pid 为 0483 5750。

二、命令使用

1. 打开 TJEeasyUSB demo，选择 HID 设备，点击 connect 后，左侧按钮变黑后即可进行控制。



若无法连接，请检查 usb 连接是否可靠。

2. 在 Write Buffer 框内输入指令，点击 Write Data 即可下发指令。光机在执行命令后会返回指令，返回指令可在 Read Buffer 框内看到。

3. Trigger 为测试触发用按键，实际等同于指令“T”；

Download Img 按键为下载条纹按键，具体操作参考后续条纹下载。

Factory Mode 及 Set the number of projection images 为测试用，用户无需考虑。

POD Setting 中，PID VID 已写入硬件中，无法修改。

具体控制指令：

指令代码	指令描述
S0	输出黑图像
S1	输出白图像
S2	输出十字图像
S3	输出棋盘格图像
S6	二维码 1
S7	二维码 2
S8	设置开机默认图案, 例如 S8 2, 则为开机默认输出十字
S9 %d	设置图像翻转: 0: 不翻转 ; 1: X 翻转; 2: Y 翻转 ; 3: XY 翻转。 默认为不翻转。该配置会自动保存, 断电后仍有效。
S10	二维码 2/全白图切换, 每切换一次产生一个高电平的触发脉冲。
S11 %d	设置棋盘格图像像素数, 例如 S11 29 , 代表配置棋盘格长宽为 30 像素。
FE	擦除存储图片的 FLASH
FW %d %d %d	图像数据下载 (下载方法见后)
Ff %d %d %d %d %d %d %d %d	图像数据高速下载 (下载方法见后)
FP %d	像素模式选择: 0: 条纹按标准 960 像素进行存储。 1: 条纹按 1500 像素进行储存, 配合斜条纹使用。 该参数配置完自动保存, 断电后仍生效。
Fp	查询当前像素模式
MA %d %d %d %d	光机参数配置指令: 参数 1: 图像重复帧数 (0-255) 参数 2: 保存条纹数量 (0-100) 参数 3: 捕获脉冲起始帧数 (0/1) 参数 4: 起始图像数(1-100) 具体参数配置参考下文 光机参数配置说明

Ma	查询光机参数配置。
MB %d	保存条纹数量, 等同于 MA 中参数 2, 仅下条纹时使用。
MS	将光机参数保存在机器内部, 断电后任然有效。
Ms	将条纹方向配置保存在机器内部, 断电后仍然有效
MF %d %d %d %d %d	<p>保存的横条纹的数量 2。</p> <p>配置方法如下:</p> <p>共写入 5 个数据,</p> <p>第一个参数只可配置为 0 1 2 3, 0 代表 0-31 幅条纹的横竖信息, 1 代表 32-63 幅条纹的横竖信息, 2 代表 64-95 幅条纹的横竖信息, 3 代表 96-127 幅条纹的横竖信息。</p> <p>后四个参数配置范围为 (0-255), 分别代表 32 幅图片的横竖数据。每一张图片通过 1bit 来表示, 0 代表竖条纹, 1 代表横条纹。</p> <p>例如, 共 8 张图片, 需要以 横 竖 竖 横 竖 横 竖 竖 的顺序投出, 则写入的参数为 00101001=41。命令配置为 MF 0 41 0 0 0。例如, 共 64 张图片, 需要以前 32 幅为竖, 后 32 幅为横的顺序投出, 则命令配置需要配置两次,</p> <p>1: MF 1 255 255 255 255 2: MF 0 0 0 0 0。</p> <p>共可支持 128 张图片的横竖条纹配置。</p>
MX %d %d %d %d %d	<p>斜条纹参数配置。</p> <p>配置方法如下:</p> <p>共写入 5 个数据,</p> <p>第一个参数只可配置为 0 1, 0 代表 0-31 幅条纹的左斜或右斜信息, 1 代表 32-63 幅条纹的左斜或右斜信息。(受限于硬件资源, 只能支持到 64 张图片的左右斜信息配置)</p> <p>后四个参数配置范围为 (0-255), 分别代表 32 幅图片的横竖数据。每一张图片通过 1bit 来表示, 0 代表图像右斜, 1 代表图像左斜。</p> <p>例如, 共 8 张图片, 需要以 左 右 右 左 右 左 右 的顺序投出, 则写入的参数为 00101001=41。命令配置为 MX 0 41 0 0 0。例如, 共 64 张图片, 需要以前 32 幅为右斜, 后 32 幅为左斜的顺序投出, 则命令配置需要配置两次,</p> <p>1: MX 1 255 255 255 255 2: MX 0 0 0 0 0</p>
Mb %d	<p>配置二维码 2 与白图的切换帧率。</p> <p>例如, 配置 Mb 2, 则代表二维码 2 与白图按 120/ (2+1) =40fps 切换。注: 切换最高帧率为 60fps。</p>

B %d	<p>触发模式选择:</p> <p>0: 普通触发模式, 在收到“T”指令后直接按配置投射一组条纹。</p> <p>1: 循环触发模式, 在收到“T”指令后循环投射当前组条纹。若需停止, 请将触发模式切换回模式 0。</p> <p>2: 单帧触发模式, 在收到“T”指令后, 投射一张条纹, 并一直保持, 直至收到“N”指令, 切换到下一张条纹。</p> <p>注: 在使用 0 1 模式时, 会读取通过“MS”指令保存在机器内部的光机参数, 若不需要使用该参数, 可以通过在选择完模式后重新使用“MA”指令配置参数, 再进行触发。</p>
N	切换到下一张条纹, 需要配合 B2 模式使用。
T	<p>条纹连续输出一次。</p> <p>(会加载前一次的参数配置, 若需修改可通过 MA 指令进行配置, 再通过 MS 指令进行保存)</p>
LD %d	<p>光机上电后开关灯配置:</p> <p>0: 默认上电关灯</p> <p>1: 默认上电开灯</p> <p>(配置后自动保存)</p>
LA %d	<p>自定义光机亮度。</p> <p>亮度调节值为 0-75。(默认为 50)</p> <p>当亮度值大于 65 时需加强散热, 否则可能造成 LED 的永久性损坏</p>
La %d %d %d	<p>自定义分别调节 RGB 三通道 led 亮度。(仅白光下有效)</p> <p>三个参数分别为 R 通道 led 亮度; G 通道 led 亮度; B 通道 led 亮度。Led 参数调节范围参考 LA 指令。</p>
LE %d %d %d	<p>自定义分别调节 RGB 三通道 led 亮度, 并且断电后保存。(仅白光下有效)</p> <p>三个参数分别为 R 通道 led 亮度; G 通道 led 亮度; B 通道 led 亮度。Led 参数调节范围参考 LA 指令。</p>
LL	关闭 LED 灯
LN	开启 LED 灯
pe	清除用户数据。
pw %d %d	<p>写入存储数据:</p> <p>1: 写入的空间地址 (0-1023)</p> <p>2: 写入的数据 (0-255)</p> <p>注: 新数据可直接写入, 但需注意使用寿命, 一般参考写入寿命为 10w 次。</p>
pr %d	读取该空间地址内的数据。

三、光机参数配置说明

光机参数主要包含以下几项：图像重复帧数，保存条纹数量，捕获脉冲起始帧数，起始图像数。

1. 图像重复帧数指光机投射条纹时重复投射的数量。该参数决定实际条纹投射的帧率。

实际投射帧率计算公式如下：

$$\text{实际投射帧率} = \frac{\text{光机帧率}}{1 + \text{图像重复帧数}}$$

当光机帧率为 120fps 时，配置图像重复帧率为 1，则实际投射帧率为 $120\text{fps} / (1+1) = 60\text{fps}$ 。

2. 保存条纹数量，指的是存储在光机中条纹的数量。该参数同时决定连续触发时，产生的触发脉冲的数量。（若配置为 15，则代表储存的条纹数为 16 张，连续触发产生的脉冲也为 16 个）
3. 捕获脉冲起始帧数，该参数只可配置为 0 或 1。

在配置成 0 时，触发脉冲实际从第 0 帧开始产生，该帧一般为静态默认图片（十字/白屏/黑屏/棋盘）。

若配置为 1，则跳过第 0 帧，从第一帧，也就是用户下载的第 1 张条纹开始投射。

注：在重复帧数配置为 0 时，不可跳过第 0 帧。

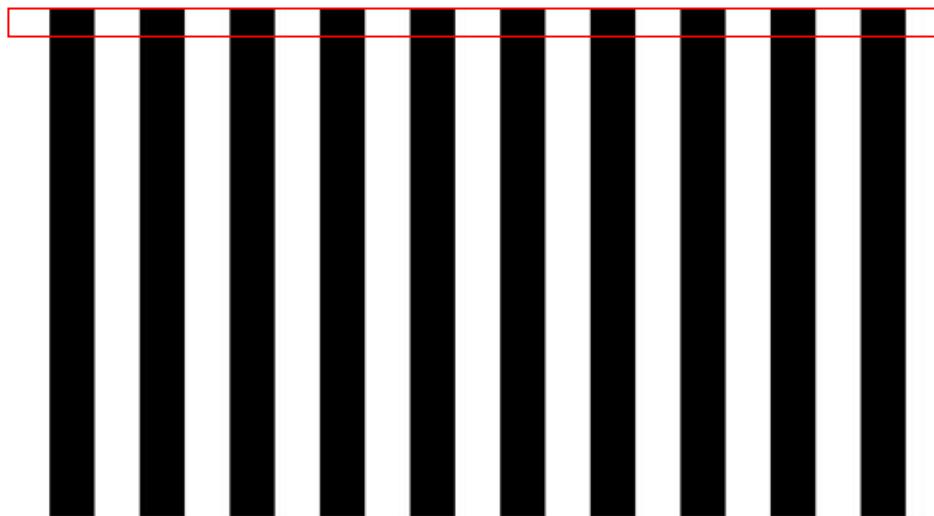
4. 图像起始数指的是从用户下载的条纹中第几幅条纹开始投射。默认为 0。配置为 1 时，则从用户下载的条纹中的第二幅开始触发。

注：通过 MB 配置的条纹数不会自动保存，断电后失效。设置过 MA 后需要通过 MS 指令来储存配置，断电后任会生效。

四、条纹投射原理说明

1. 竖条纹:

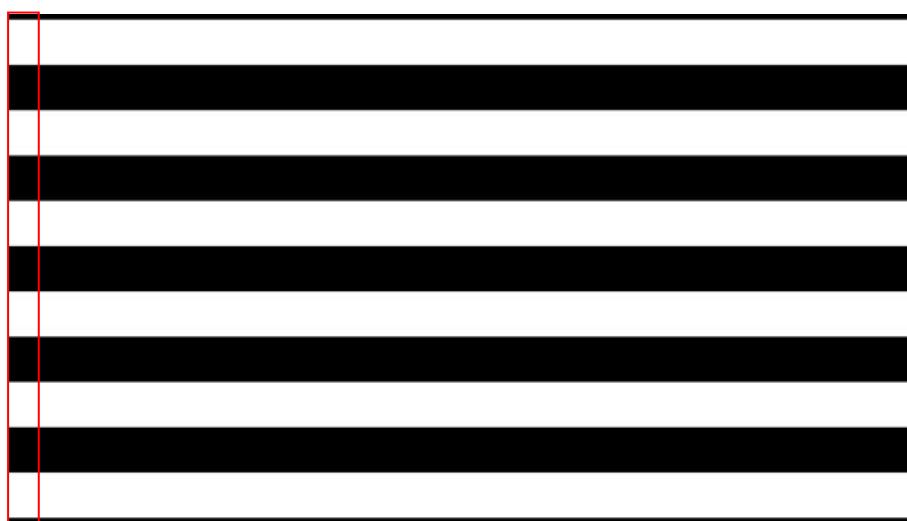
以如下图为例:



实际存储和投射只取一行 960 个像素，在投射时，剩下 960×539 像素按从上到下复制得来。

2. 横条纹:

以如下图为例:



实际存储和投射只取一列 540 个像素，在投射时，剩下 959×720 个像素按从左到右复制得来。

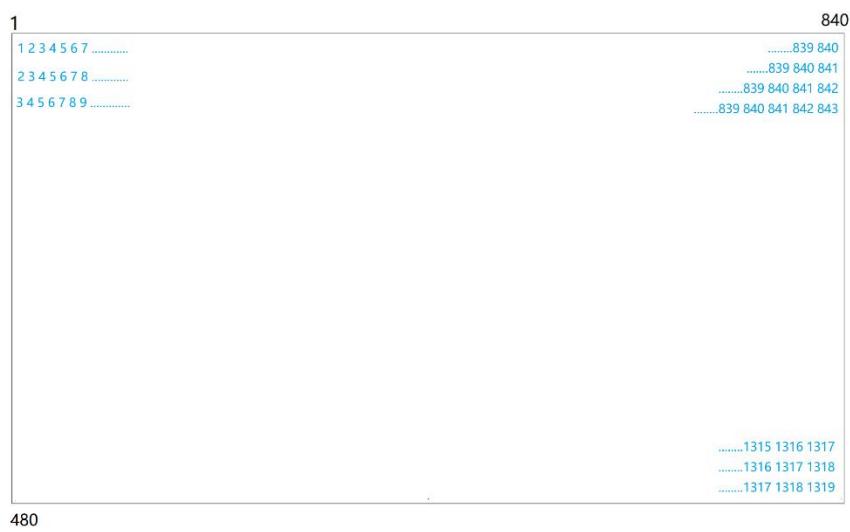
3. 斜条纹：

斜条纹投射原理参考下图：

可以将斜条纹看作一个每行按 1 个像素向左或向右偏移的竖条纹。在导入之前，可以将斜条纹转换成未经像素偏移的竖条纹，然后就能通过我们提供的工具导入条纹。黑色数字代表 DLP 实际投射出来的图像像素。蓝色数字代表将转换后的竖条纹导入后，实际投射出来的效果。



图像右斜像素排列



图像左斜像素排列

像素排列原理说明：

①为什么是 1499 像素

在单纯采用 960 像素做循环时, 会有一块 539*539 像素大小的三角形区块为重复像素, 故将像素数扩充至 1499, 新增 539 个像素作为该区块的像素。为便于储存以及计算, 斜条纹统一按 1500 像素进行生成和存储, 第 1500 像素为无效像素, 可填充任意值。

②图像排列原理

我们图像下载时, 只取单行像素, 若直接投射, 投出来的是竖条纹。此时, 若将第二行起始的像素向左移一个像素, 则整行向左移动了一个像素, 以此类推, 则可得到一副整体条纹左斜的图像。

同样原理, 将起始像素向右移动一个像素, 然后整行向右移动一个像素, 以此类推, 则可得到一副整体条纹右斜的图像。

注: 若需使用 1500 像素的斜条纹, 则需要先通过“FP”指令将像素模式配置成 1500 像素模式, 再去下载条纹。此时, 无论横纵条纹还是斜条纹, 统一按 1500 像素去存储和读取。其中竖条纹或横条纹超过 960 的部分可用白或黑填充至 1500 像素。

五 条纹下载方法

1. 使用 demo 写入方法:

可以直接使用我们提供的 TJEasyUSB 来快速写入条纹数据。

① 960 像素模式标准下载:

先勾选“非 1280 分辨率”, 设置分辨率为 960, 点击 demo 的 Download Img 按钮, 会出现提示是否下载默认条纹数据, 选是, 则下载默认条纹数据, 否则下载用户自定义条纹数据。加载文件完成后即可自动下载, 等待完成即可。



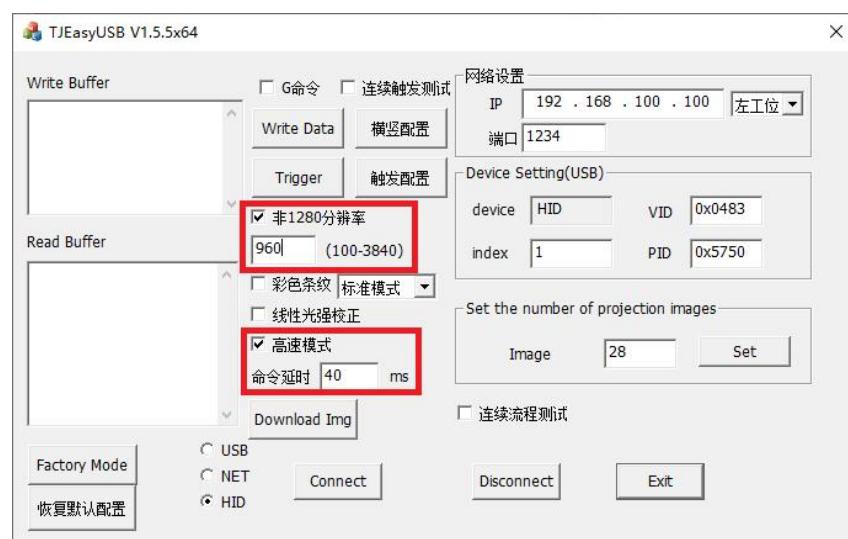
② 1500 像素模式标准下载:

当使用 1500 像素模式时，所有条纹需要按 1500 像素去下载。此时需要先勾选“非 1280 分辨率”选项，再在下方框内填入 1500，接着点击 Download Img 按钮，加载条纹文件，等待下载完成即可。此时下载调用的是“FW”指令。



③ 960 像素高速下载:

先勾选“非 1280 分辨率”选项，再在下方框内填入 960，再勾选“高速模式”选项，接着点击 Download Img 按钮，加载条纹文件，等待下载完成即可。此时下载调用的是“Fw”指令。



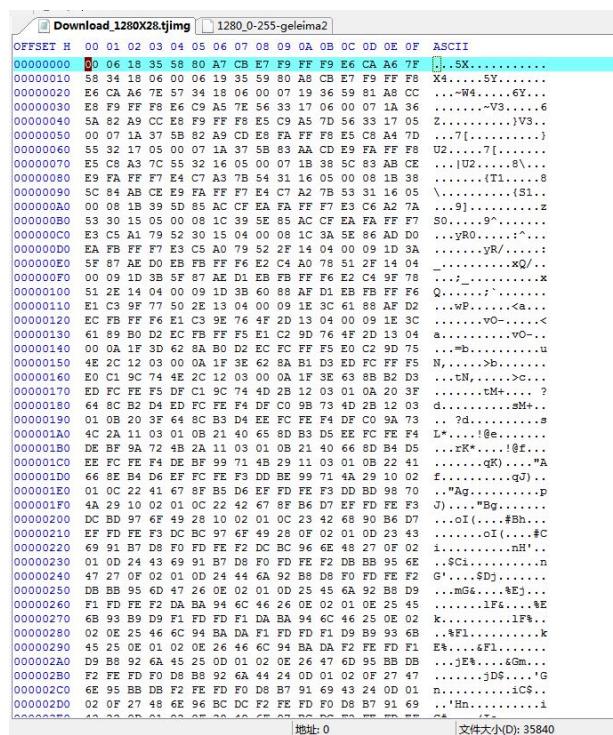
④ 1500 像素模式高速下载:

下载方法同③, 不过需将分辨率从 960 改至 1500。

注: 为保证下载稳定, 需在指令间增加延时, 这个延时建议配置在 40ms 左右。

关于条纹数据, 一副图片一取一行 960 个数据, 按照 16 进制的形式保存, 多幅条纹间无分隔符。

条纹数据格式参考:



Download_1280X256.tjimg 1280_0-255-geleima2

OFFSET	HEX	ASCII
00000000	00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F	ASCII
00000010	00 06 18 35 58 80 A7 CB E7 F9 FF F9 E6 CA A6 7F	[...].5X.....
00000020	58 34 18 06 00 19 35 59 80 A8 CB E7 F9 FF F8	X4....SY.....
00000030	E6 CA A6 7E 57 34 18 06 00 07 19 35 59 81 A8 CC	[...].W4....6X....
00000040	E5 F9 FF F8 E6 C9 A5 7E 56 33 17 06 00 07 1A 36	[...].~V3....6
00000050	5A 82 A9 CC E8 F9 FF F8 E5 C9 A5 7D 56 33 17 05	Z.....V3....
00000060	00 07 1A 37 5B 82 A8 CD E8 FA FF F8 E5 C8 A4 7D	[...].7[.....00..]
00000070	55 32 17 05 00 07 1A 37 5B 83 A8 CD E9 FA FF F8	U2....7[.....
00000080	E5 C8 A3 7C 55 32 16 05 00 07 1B 38 5C 83 AB CE	[...].U2....8[....
00000090	E9 FA FF F7 E4 C7 A3 7B 54 31 16 05 00 08 1B 38	[...].T1....8
000000A0	5C 84 AB CE E9 FA FF F7 E4 C7 A2 7B 53 31 16 05	\.....(S1....
000000B0	00 08 1B 39 5D 85 AC CF EA FA FF F7 E3 C6 A2 7A	[...].9].....z
000000C0	53 30 15 05 00 08 1C 39 5E 85 AC CF EA FA FF F7	S0....9^.....
000000D0	EA FB FF F7 E3 C5 A0 79 52 2F 14 04 00 09 1D 3A	[...].vR0....^...
000000E0	5F 87 AE D0 EB FB F7 E6 E2 C4 A0 78 51 2F 14 04	[...]......vR0/...
000000F0	00 09 1D 3B 5F 87 AE D1 EB FB F7 E2 C4 9F 78	[...].vR0/...
00000100	51 2E 14 04 00 09 1B 3B 60 88 A8 D1 EB FB FF F6	Q.....
00000110	E1 C3 9F 77 50 2E 13 04 00 09 1B 3C 61 88 AF D2	[...].vP.....<A...
00000120	EC FB FF F6 E1 C3 9E 76 42 2D 13 04 00 09 1E 3C	[...].vO.....<
00000130	61 89 B0 D2 EC FB FF F5 E1 C2 9D 76 4F 2D 13 04	a.....vO....
00000140	00 0A 1F 3D 62 8A B0 D2 EC FC F7 F5 E0 C2 9D 75	[...].b.....u
00000150	4F 2C 12 03 00 0A 1F 3E 62 8A B1 D3 ED FC FF F5	[...].b.....
00000160	E0 C1 9C 74 4E 2C 12 03 00 0A 1F 3E 63 8B B2 D3	[...].tN,...>C...
00000170	ED FC FF F5 DF C1 9C 74 4D 2B 12 03 01 0A 20 3F	[...].tM+....?
00000180	64 8C B2 D4 ED FC FE F4 DF CO 98 73 4D 2B 12 03	[...].tM+....
00000190	01 0B 20 3F 64 8C B3 D4 E8 FC FE F4 DF CO 9A 73	[...].?d.....s
000001A0	4C B2 11 03 01 0B 21 40 65 8D B3 D5 EE FC FE F4	L*....!e.....
000001B0	DE BF 9A 72 4B 2B 11 03 01 0B 21 40 66 8D B4 D5	[...].vK*....!@f...
000001C0	EE FC FE F4 DE BF 9B 73 4B 29 11 03 01 0B 22 41	[...].vK*...."A
000001D0	66 8E B4 D6 EF FC FE F3 DD BE 99 71 4A 29 10 02	[...].vK*....vQ...
000001E0	01 0C 22 41 67 8F B5 D6 ED FD FE F3 DD BD 98 70	[...].Ag.....P
000001F0	4A 29 10 02 01 0C 22 42 67 8F B5 D7 EF FD FE F3	[...].Bq.....
00000200	DC BD 97 6F 49 28 10 02 01 0C 23 42 68 90 B6 D7	[...].vI(....#Bh...
00000210	EF FD FE F3 DC BC 97 6F 49 28 02 02 01 0D 23 43	[...].vI(....#C
00000220	69 91 B7 D8 FD FF F2 DC BC 96 6E 48 27 0F 02	[...].vH'....
00000230	01 0D 24 43 69 91 B7 D8 FD FF F2 D8 BB 95 6E	[...].vC1....n
00000240	47 27 0F 02 01 0D 24 44 6A 02 B8 D8 FD FF F2	[...].vDj.....
00000250	DB BB 95 6D 47 26 0E 02 01 0D 25 45 6A 92 B6 D9	[...].mg6....%Ej...
00000260	F1 FD FE F2 DA BB 94 6C 46 26 0E 02 01 0E 25 45	[...].vF6....%E
00000270	6B 93 B9 D9 F1 FD FD F1 DA BB 94 6C 46 25 0E 02	[...].vP6....
00000280	02 08 25 46 6C 94 B4 DA F1 FD FD F1 D9 93 6B	[...].%F1.....k
00000290	45 25 0E 01 02 0E 26 46 66 94 B4 DA F2 FE FD F1	[...].vE....&F1.....
000002A0	D9 B8 92 6A 45 25 0B 01 02 0E 26 47 6D 95 BB DE	[...].vE....&Gm...
000002B0	F2 FE FD F0 D8 B8 92 6A 44 24 0D 01 02 27 47	[...].vD5....'G
000002C0	6E 95 BB DB F2 FE FD F0 D8 B7 91 69 43 24 0D 01	[...].vH.....1C\$..
000002D0	02 0F 27 48 6E 96 BC DC B2 FE FD F0 D8 B7 91 69	[...].vH.....
000002E0	47 27 0F 02 01 0D 24 44 6A 02 B8 D8 FD FF F2	[...].vDj.....

相移条纹数据格式参考

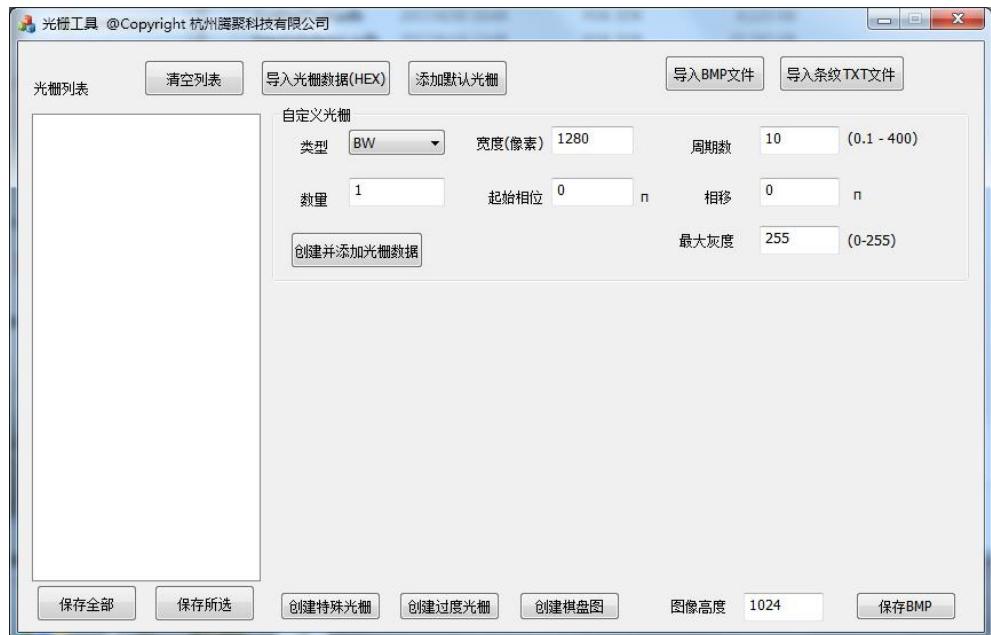
```

OFFSET H 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F  ASCII
00000600 FF ..... 
00000610 FF ..... 
00000620 FF ..... 
00000630 FF ..... 
00000640 FF 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000650 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000660 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000670 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000680 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000690 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000006A0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000006B0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000006C0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000006D0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000006E0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000006F0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000700 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000710 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000720 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000730 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000740 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000750 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000760 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000770 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
00000780 00 FF ..... 
00000790 FF ..... 
000007A0 FF ..... 
000007B0 FF ..... 
000007C0 FF ..... 
000007D0 FF ..... 
000007E0 FF ..... 
000007F0 FF ..... 
00000800 FF ..... 
00000810 FF ..... 
00000820 FF ..... 
00000830 FF ..... 
00000840 FF ..... 
00000850 FF ..... 
00000860 FF ..... 
00000870 FF ..... 
00000880 FF ..... 
00000890 FF ..... 
000008A0 FF ..... 
000008B0 FF ..... 
000008C0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000008D0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 
000008E0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ..... 

```

格雷码条纹数据格式参考

也可使用我们提供的 GratingTool 的 demo 来生成条纹数据。



直接按顺序导入 bmp 或 txt 文件, 点击右下角保存全部即可生成
下载所需的条纹数据文件, 也可使用右侧自定义光栅来生成条纹。注:
bmp 需要横向为 960 像素, 位深度为 8bit 的 bmp 图片, txt 则为一副

图片一取其中一行 960 个数据。

关于横条纹。

若需使用横条纹，则生成条纹数据时与竖条纹略有不同。在使用 GratingTool 转换时，需要勾选横条纹图，再导入 bmp 文件即可， bmp 要求 960*540 位深度为 8bit 的 bmp 图片。若需导入 TXT，则需要取条纹的一列 540 像素，然后在 540 个数据之后填充 0 或 255 直到 960 个数据即可。

2. 上位机写入方法：

①960 像素标准模式：

1. 写入总共多少幅图像， MB %d
2. 写入擦除命令:FE， 等待回复 F0， 如果回复 F1 则重新执行
3. 循环调用 FW %d %d %d 指令， 该指令第一个参数为当前图片编号，第二个参数为当前图片的像素列 (0-959)，第三个参数为当前列写入的灰度值。因 flash 采取 page 编程的模式，所以在每写入 256 个数据或 960 个数据后，需等待光机 page 写入后返回指令后，再进行接下来像素的写入。

②960 像素高速模式：

1. 写入总共多少幅图像， MB %d
2. 写入擦除命令:FE， 等待回复 F0， 如果回复 F1 则重新执行
3. 循环调用 Ff %d %d %d %d %d %d %d %d %d 指令， 该指令会一次性写入 8 个像素，写入像素列数=图像像素列数/8 。该指令第

一个参数为当前图片编号，第二个参数为当前图片的像素列/8，第三至十个参数为当前 8 列写入的灰度值。因 flash 采取 page 编程的模式，所以在每写入 32 个数据组($32*8=256$)或 120 个数据组($120*8=960$)时，需等待光机 page 写入后返回指令后，再进行接下来像素的写入。

③1500 像素标准模式：

1. 写入总共多少幅图像， MB %d
2. 写入擦除命令:FE， 等待回复 F0， 如果回复 F1 则重新执行
3. 循环调用 FW %d %d %d 指令， 该指令第一个参数为当前图片编号，第二个参数为当前图片的像素列 (0-1499)，第三个参数为当前列写入的灰度值。因 flash 采取 page 编程的模式，所以在每写入 256 个数据或 1499 个数据后，需等待光机 page 写入后返回指令后，再进行接下来像素的写入。

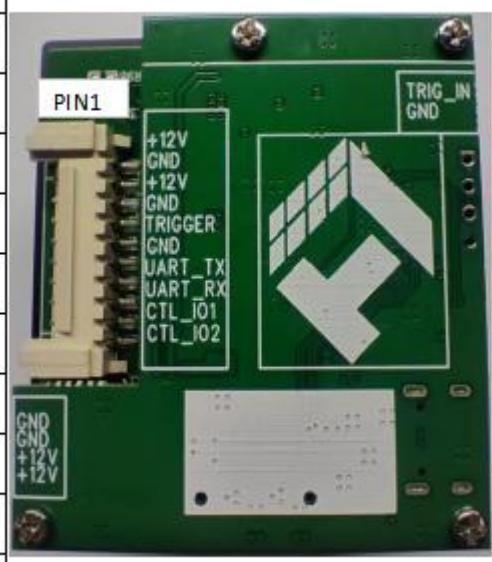
④1500 像素高速模式：

1. 写入总共多少幅图像， MB %d
2. 写入擦除命令:FE， 等待回复 F0， 如果回复 F1 则重新执行
3. 循环调用 Ff %d %d %d %d %d %d %d %d %d 指令， 该指令会一次性写入 8 个像素，写入像素列数=图像像素列数/8。该指令第一个参数为当前图片编号，第二个参数为当前图片的像素列/8，第三至十个参数为当前 8 列写入的灰度值。因 flash 采取 page 编程的模式，所以在每写入 32 个数据组 ($32*8=256$) 或 167 个数据组 ($167*8=1500$) 时，需等待光机 page 写入后返回指令后，再进行接下来像素的写入。

五、输出座子定义：

座子规格为 HY2.0-10P，从上到下为 1-10 脚，如下图框中有定义。

序号	名称	释义	颜色
PIN1	12V	电源	红
PIN2	GND	地	黑
PIN3	12V	电源	红
PIN4	GND	地	黑
PIN5	TRIGGER	触发	白
PIN6	GND	地	黑
PIN7	UART_TX	串口发送	绿
PIN8	UART_RX	串口接收	黄
PIN9	CTL_IO1	信号管脚1	橙
PIN10	CTL_IO2	信号管脚2	蓝



六、与相机连接说明：

相机参考管脚定义：

管脚	信号	I/O 类型	I/O 信号源	说明	配套线缆颜色
1	12V	--		+12V 直流电源	橙色
2	Opt-Iso In	输入	line0 信号线	光耦隔离输入	黄色
3	GPIO	输入或输出	line2 信号线	可配置成输入或输出	紫色
4	Opt-Iso Out	输出	line1 信号线	光耦隔离输出	蓝色
5	I/O Ground	输入或输出	Line0、line1 信号地	信号地	绿色
6	Gnd	输入或输出	Line2 信号地	电源地	灰色

表1-25 管脚信号定义

相机外部触发信号，一般采用 Line0，光耦隔离输入，故光机 GND 接相机信号地线（绿色），TRIG 接 line0 信号线（黄色）。

仅供参考，不同相机线序颜色定义不同，需根据实际进行调整。