

主要特点

- 双路步进电机驱动，最大驱动电流±0.5A
- 支持整步进、1/2 步进、32 细分及 64 细分微步进
- I²C 串行总线通信控制
- 带指令缓存功能，电机按照当前指令转动时预存下一指令
- 1 路直流电机驱动，最大驱动电流±0.5A
- QFN20 封装（背部散热片）

应用

- 机器人，精密工业设备
- 摇头机
- 监控摄像机
- 云台

产品描述

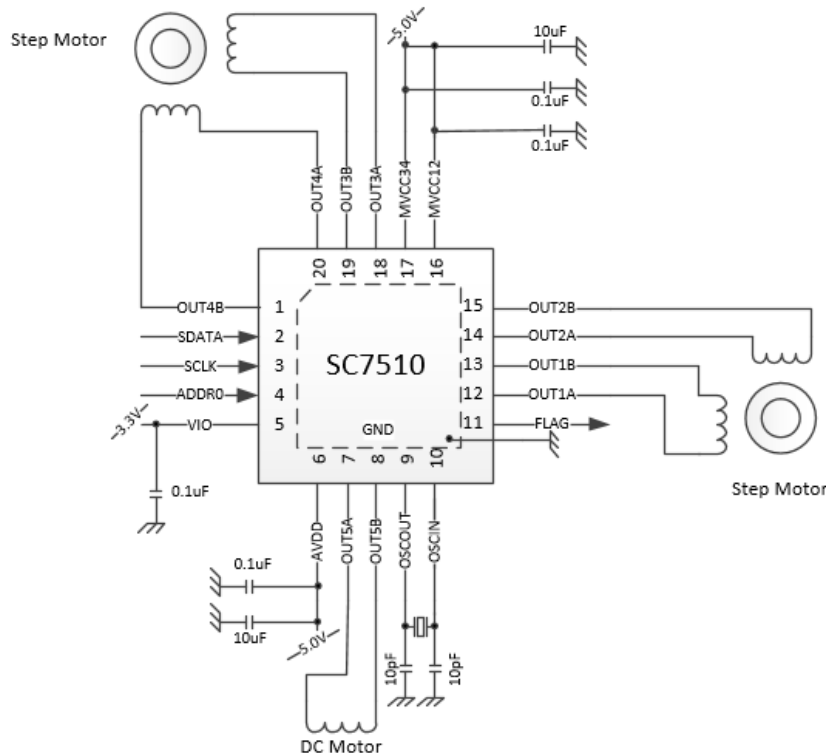
SC7510 是一款多通道电机驱动芯片，其中包含两路步进电机驱动，一路直流电机驱动；每个通道的电流最高电流 0.5A；支持两相四线与四相五线步进电机

SC7510 采用 I²C 的通信接口控制模式，兼容 1.8V/2.5V/3.3V/5V 接口电平。

器件信息

器件名	封装形式	封装尺寸
SC7510	QFN (20)	3.00 mm × 3.00 mm

典型应用图



图一、典型应用图

绝对最大额定值

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	注
VIO	接口电源电压	-0.3		5.5	V	
MVCC12	步进电机控制电源电压	-0.3		5.5	V	
MVCC34						
AVDD	逻辑,直流电机电源电压	-0.3		5.5	V	
TOP	工作环境温度	-40		85	°C	
TSTG	存储温度	-55		125	°C	
OUT1A, OUT1B OUT2A, OUT2B OUT3A, OUT3B OUT4A, OUT4B	步进电机H桥驱动电流	-0.5		+0.5	A/ch	
OUT5A, OUT5B	直流电机H桥驱动电流	-0.5		+0.5	A/ch	
IM1(pulse)	步进电机瞬时 H 桥驱动电流	-0.6		+0.6	A/ch	
IM2(pulse)	直流电机瞬时 H 桥驱动电流	-0.6		+0.6	A/ch	
VIN	数字部分输入电压	-0.3		VIO+0 .3	V	
VFLAG	FLAG输出电压	-0.3		6.0	V	

注意：应用中任何情况下都不能超过上表中的最大额定值

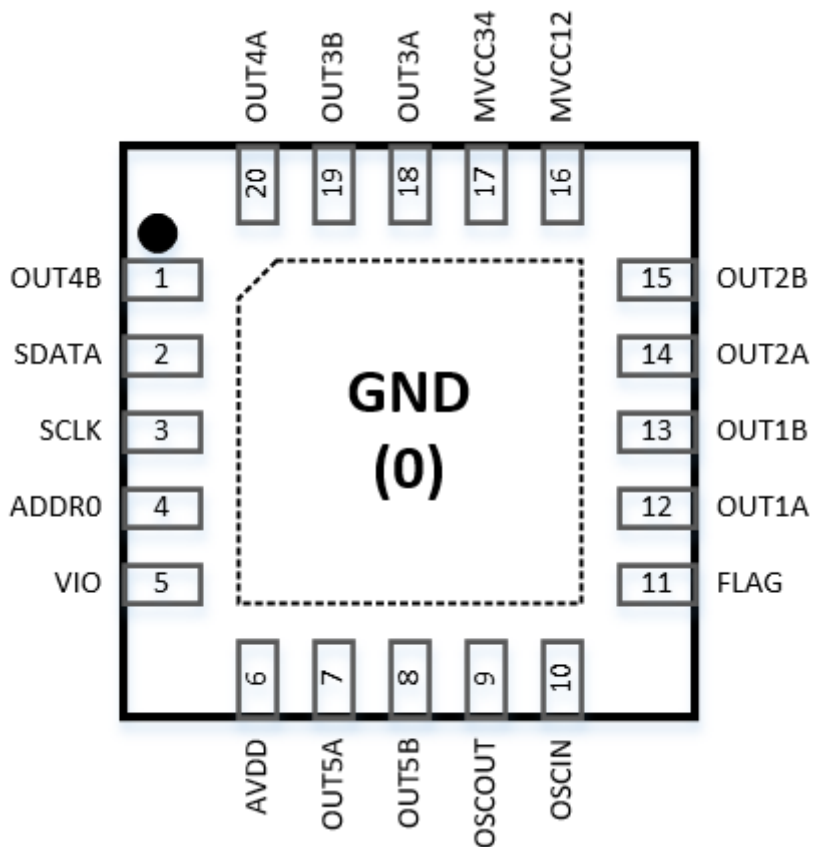
电气参数

MVCC12 = MVCC34 = AVDD = 5.0 V, VIO=3.3V $T_a = 25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Symbol	Parameter	Condition	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
Operating Supply Voltage						
V_{vdd}	AVDD AND DC Motor supply voltage range		3.0		5.5	V
V_{vio}	VIO supply voltage range		1.8		5.5	V
V_{MVCCxx}	Step Motor supply voltage range		3.0		5.5	V
Current circuit, Common circuit						
$I_{AVDDstandby}$	AVDD supply current on Standby	No load		1.2		mA
Digital input / output						
$V_{in(H)}$	High-level input	SCLK,SDATA,ADDR0,FCLK	0.4 2x VIO		VIO+ 0.3	V
$V_{in(L)}$	Low-level input	SCLK,SDATA,ADDR0,FCLK	- 0.3		0.31x VIO	V
F_{clk}	Input clock		5	27	30	MHz
Step motor driver 1 (XY axis steering control)						
R_{onST}	H bridge ON resistance	IM=300mA		1.1		Ω
I_{leakST}	H bridge leak current				0.8	μA
DC motor driver (ir-cut)						
R_{onDC}	H bridge ON resistance	IM=200mA		1.4		Ω
I_{leakDC}	H bridge leak current				0.7	μA
PWMOUT						
V_{FLAG}	Output saturation voltage	I=5mA			200	mV
$I_{leakFLAG}$	Output leak current				0.7	μA

ymbol	Parameter	Condition	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
Thermal Shutdown						
T_{tsd}	Thermal shutdown operation temperature	Die temperature T_J		155		°C
ΔT_{TSD}	Thermal shutdown hysteresis width			25		°C
Supply voltage monitor circuit						
V_{rston}	AVDD Reset operation			2.70		v
V_{rsthys}	AVDD Reset hysteresis			0.20		v
V_{STon}	MVCCxx Reset operation			2.70		v
V_{SThys}	MVCCxx Reset hysteresis			0.20		v

管脚图

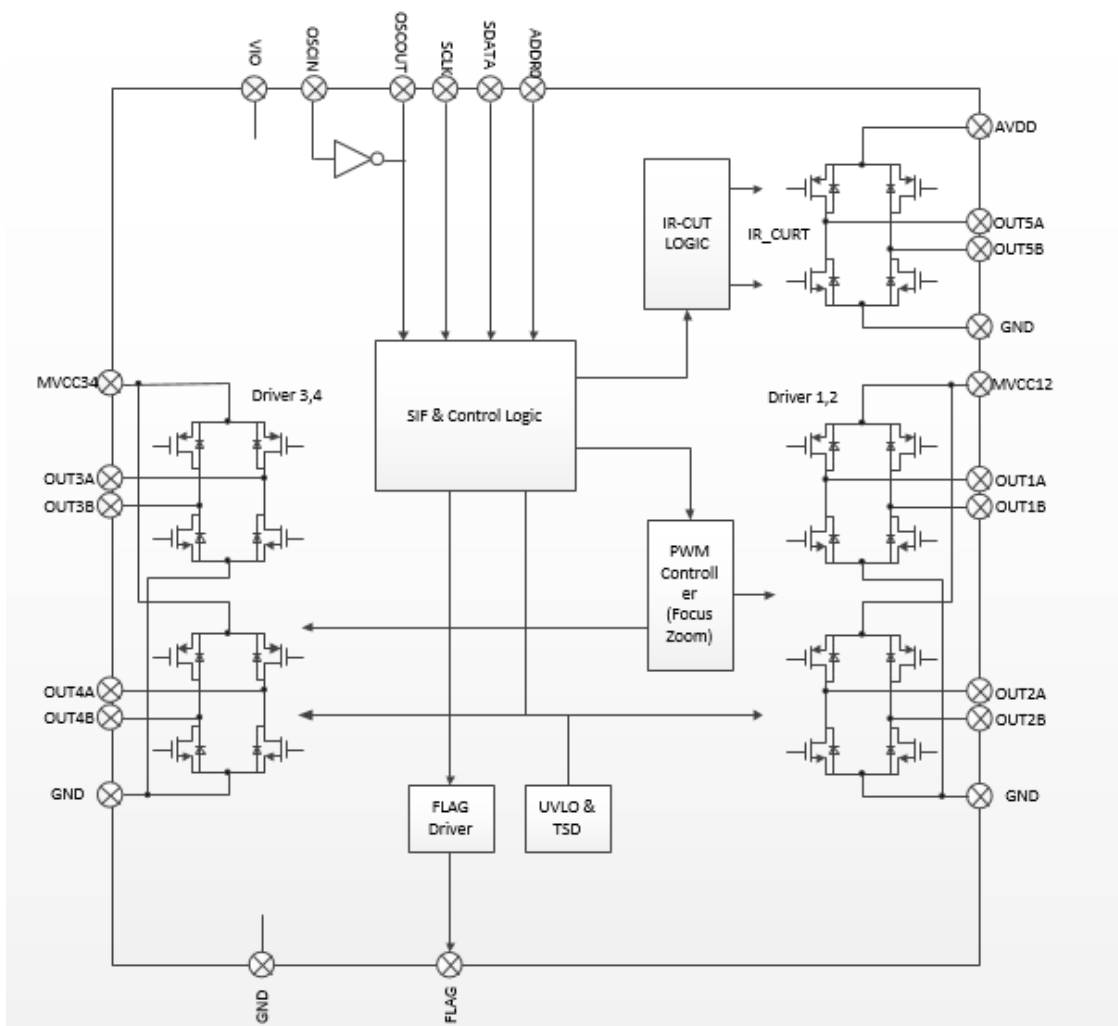


图二、SC7510 管脚图 (Top View)

管脚定义

Pin No.	Pin name	Type	Description
0	GND	GND	GND for IC
1	OUT4B	I/O	Motor output 4B
2	SDATA	I/O	I ² C data line
3	SCK	I/O	I ² C clock line
4	ADDR0	I/O	I ² C address 0
5	VIO	POWER	Interface power supply
6	AVDD	POWER	Logic power supply for DC motor
7	OUT5A	I/O	Motor output 5A
8	OUT5B	I/O	Motor output 5B
9	OSCOUT	I/O	Reference clock output
10	OSCIN	I/O	Reference clock input
11	FLAG	I/O	Working Status Flag
12	OUT1A	I/O	Motor output 1A
13	OUT1B	I/O	Motor output 1B
14	OUT2A	I/O	Motor output 2A
15	OUT2B	I/O	Motor output 2B
16	MVCC12	POWER	Power supply for motor 12
17	MVCC34	POWER	Power supply for motor 34
18	OUT3A	I/O	Motor output 3A
19	OUT3B	I/O	Motor output 3B
20	OUT4A	I/O	Motor output 4A

功能模块图



图三、SC7510 功能模块图

芯片简介

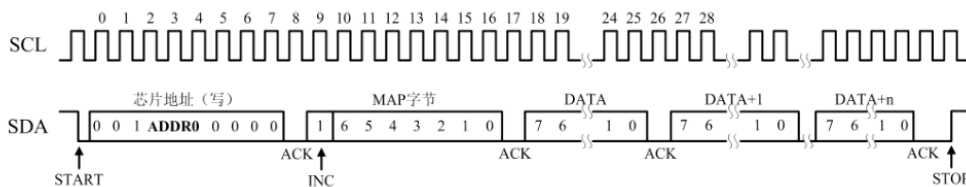
SC7510 集成两路步进电机驱动器与一路直流电机驱动器，MCU 通过 I²C 总线完成芯片功能配置及控制。两路步进电机控制器可以选择整步进、1/2 步进、32 细分微步进或 64 细分微步进模式。一路直流电机通过 I²C 设置内部寄存器，可以控制电机的正转、反转、刹车及自由旋转等四个状态。SC7510 适合小云台 X, Y 轴的运动控制，以及 IR CUT 驱动。

功能描述

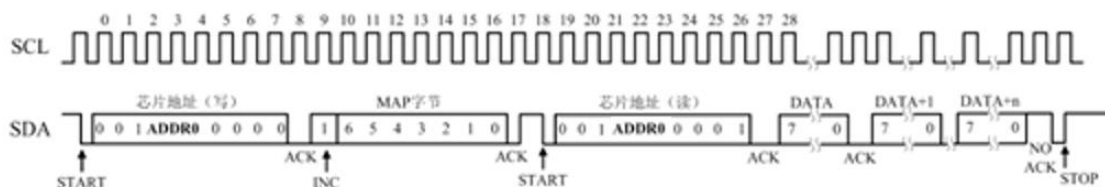
1 I²C 总线接口

芯片接口为 I²C，SDATA 是双向数据线，SCK 是时钟输入。图四和图五分别显示了一个写和一个读周期的信号时序。当时钟信号为高电平时，SDATA 有一个下降沿作为起始条件；时钟信号为高电平时，SDATA 的上升沿作为结束条件。SDATA 的其它所有变化都发生在时钟信号为低电平时。

SC7510 的通信中，在起始条件后，由 7 位芯片地址和 1 位读/写位（高为读，低为写）组成的第一个字节（ADDR）被发送到 SC7510。7 位地址的前 3 位是固定的 001，末 3 位为固定的 000，第 4 位地址由 ADDR0 管脚控制，地址的第 8 位是读/写位。如果是一个“写”操作，接下来的一个字节包含寄存器地址指针（MAP），用来选择的所要读或写的寄存器。如果是个“读”操作，将输出 MAP 所指的寄存器的内容。MAP 自动递增，寄存器的数据将会依次出现。每一个字节由一个应答位（ACK）分隔开。在每次输入字节读取后 SC7510 输出应答位，每一个传输的字节后微控制器发送应答位给 SC7510。



图四、控制端口时序（I²C 从模式写）



图五、控制端口时序（I²C 从模式读）

注意读操作时不能设置 MAP，因此需要一个终止的写操作作为一个头码。如图四所示，在作为 MAP 的应答后发送一个停止条件，则写操作终止。

寄存器表

Address	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
00H	MOTORSEL	MOTIONPLS	CHIP ID			A_PAUSE	B_PAUSE	CMD_RS
01H	A_CYCLE[7:0]							
02H	A_MODE[1:0]		A_CYCLE[13:8]					
03H	A_PULSE[7:0]							
04H	A_EN	A_RT	A_EXL		A_PULSE[11:8]			
05H	B_CYCLE[7:0]							
06H	B_MODE[1:0]		B_CYCLE[13:8]					
07H	B_PULSE[7:0]							
08H	B_EN	B_RT	B_EXL		B_PULSE[11:8]			
09H	A_START	B_START	A_MS[0]	DC_SRC	DC_CT[1:0]		PWM_CHOP[1:0]	
0A0H	CACHE_PWM	PWM_DUTY[6:0]						
0BH	A_MS[1]	A_BUSY	OTP_ERR	A_WORK	A_STEPS_CU[11:8]			
0CH	A_STEPS_CU[7:0]							
0DH	B_MS[1]	B_BUSY	B_MS[0]	B_WORK	B_STEPS_CU[11:8]			
0EH	B_STEPS_CU[7:0]							
0FH	A_PPW[3:0]				B_PPW[3:0]			

(注释 1) 寄存器表格中，前缀 A_、B_ 与 DC_ 分别对应 A 通道、B 通道和直流电机通道寄存器；

(注释 2) A 通道被定义为由 1 通道和 2 通道组合驱动输出，B 通道被定义为由 3 通道和 4 通道组合驱动输出；

(注释 3) 在复位 (RESET) 之后 (包括上电复位和通过 CMD_RS 寄存器复位)，所有寄存器都被置为初始态，默认值均为 0；

低压 5V 多通道电机驱动器

(注释 4) 对于 MODE, CYCLE, EN 和 RT 寄存器，写入的数据在 PULSE 寄存器被启用之前有效，在 PULSE 寄存器所在地址（的数据）写入完成之后确定。MODE、CYCLE、EN、RT 和 PULSE 寄存器有缓存寄存器，除这些之外的寄存器组则没有缓存寄存器；

(注释 5) 写入 PAUSE、PWM_CHOP、DC_CT 和 PWM_DUTY 寄存器的数据，在其所属地址的数据写入完成后立即生效；

寄存器列表

Address	Register name / Bit wide	Function
00H	CMD_RS	重置寄存器位
	B_PAUSE	B 通道旋转暂停
	A_PAUSE	A 通道旋转暂停
	CHIP ID	芯片识别码
	MOTIONPLS	选择 FLAG 端口输出信号
	MOTORSEL	步进电机驱动模式选择
01H	A_CYCLE[7:0]	A 通道电机运行频率
02H	A_CYCLE[13:8]	
		A_MODE[1:0]
03H	A_PULSE[7:0]	A 通道步进脉冲数
04H	A_PULSE[11:8]	
	A_EXL	A 通道前置/后置励磁时间长度
	A_RT	A 通道电机旋转方向
	A_EN	A 通道驱动使能
05H	B_CYCLE[7:0]	B 通道电机运行频率
06H	B_CYCLE[13:8]	
		B_MODE[1:0]
07H	B_PULSE[7:0]	B 通道步进脉冲数
08H	B_PULSE[11:8]	
	B_EXL	B 通道前置/后置励磁时间长度
	B_RT	B 通道电机旋转方向
	B_EN	B 通道驱动使能
09H	PWM_CHOP[1:0]	5 通道 PWM 频率
	DC_CT[1:0]	5 通道直流电机驱动信号
	DC_SRC	5 通道输入信号来源
	A_MS[0]	A 通道驱动模式指示（只读）
	B_START	B 通道驱动开始
	A_START	A 通道驱动开始
0AH	PWM_DUTY[6:0]	5 通道 PWM 占空比设置
	CACHE_PWM	CACHE 状态指示/PWM 信号经 FLAG 端口输出选择

OBH	A_WORK	A 通道驱动状态指示（只读）
	OTP_ERR	过温保护功能指示（只读）
	A_BUSY	A 通道指令缓存器状态（只读）
	A_MS[1]	A 通道驱动模式指示（只读）
	A_STEPS_CU[11:8]	A 通道当前指令运行步数（只读）
OCH	A_STEPS_CU[7:0]	
ODH	B_WORK	B 通道驱动状态指示（只读）
	B_MS[1:0]	B 通道驱动模式指示（只读）
	B_BUSY	B 通道指令缓存器状态（只读）
	B_STEPS_CU[11:8]	B 通道当前指令运行步数（只读）
OEH	B_STEPS_CU[7:0]	
OFH	B_PPW[3:0]	B 通道 PWM 最大占空比设置
	A_PPW[3:0]	A 通道 PWM 最大占空比设置

1.1 配置寄存器

1.1.1 CMD_RS 用于重置寄存器

D0	状态
0	重置（初始态）
1	非重置态

（注释 1）置 0 时，所有寄存器被置为初始态。在开始配置其他寄存器前需要首先将此位设置为 1；

（注释 2）置 0 时，1~5 通道输出为 HiZ；

1.1.2 PAUSE 用于强制暂停，使电机立即停止于当前位置

D2/D1	电机状态
0	正常运行（初始态）
1	立即停止于当前位置

（注释 1）PAUSE 置 1（暂停）后，寄存器 MODE、CYCLE、RT、EN 保持。PAUSE 重新置 0 后，电机按照原有设置继续走完未完成的步数。PULSE 寄存器会被清除，需要重新设置 PULSE 寄存器；

（注释 2）PAUSE 置 1（暂停）后，可以通过设置对应的 EN=0，清除未完成运行的步数，再通过 PAUSE=0 解除暂停。可重新设置 EN=1，PULSE，CYCLE，RT 等参数，设置相应的 START 位，电机将按照新参数运行。

（注释 3）PAUSE 置 1（暂停）后，当前运行步数无效（读出步数为 0）

1.1.3 MOTIONPLS 用于选择输出指示脚(FLAG)信号类型

D6	驱动类型
0	运行状态指示
1	缓存寄存器状态/PWM 输出

（注释 1）运行状态指示：当 A/B 通道一组指令运行结束（电机停止），FLAG 管脚会输出一个脉宽 $128 \times f_{clk}$ 的方波信号，可用于通知主控当前电机处于停止状态。

（注释 2）缓存寄存器状态/PWM 输出：

1. 若 CACHE_PWM 设置为 1，并且 A_EN，或者 B_EN 设置为 1 时，则 FLAG 管脚输出由 PWM_CHOP 和 PWM_DUTY 定义的 PWM 信号；
2. 若设置为 0，当任意通道的 PULSE 与 EN 缓存寄存器的值从非零值变为零值的时刻，FLAG 管脚会输出一个宽度为 128 倍时钟宽度的脉冲。如果两个通道都存在这种从非零值变为零值的变化（不同时刻），则会通过 FLAG 管脚在相应时刻输出两个脉冲。

（注释 3）“FCLK”为芯片的时钟频率。

1.1.4 MOTORSEL 用于选择电机驱动类型

D7	驱动类型
0	2 相 4 线 (初始态)
1	4 相 5 线

1.1.5 CYCLE 用于设置电机运行的频率

D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	脉冲频率
00_0000_0000_0000 ~ 00_0000_0000_0111														禁用 (初始态为全 0)
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	fclk / (8×4×32)pps
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	fclk / (9×4×32)pps
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	fclk / (10×4×32)pps
~														~
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	fclk / (16382×4×32)pps
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	fclk / (16383×4×32)pps

(注释 1) 指定的 CYCLE 对 1-2 相和 2-相励磁及微步细分模式均有效;

(注释 2) 初始态仅在释放复位信号后存在。

(注释 3) 如将 CYCLE 设置为禁用范围内的值 (00_0000_0000_0000 ~ 00_0000_0000_0111), 电机将不会动作, 需要确保 Cycle 设置在正确的范围;

(注释 4) FCLK 为提供给主逻辑的时钟频率;

例: 输入数据 = 16'b0000_0010_1110_1110, fclk = 24[MHz]

脉冲频率 = 24[MHz]/(750×4×32) =250[pps] =31.25[Hz]

1.1.6 MODE[1:0] 用于设置电机的工作模式

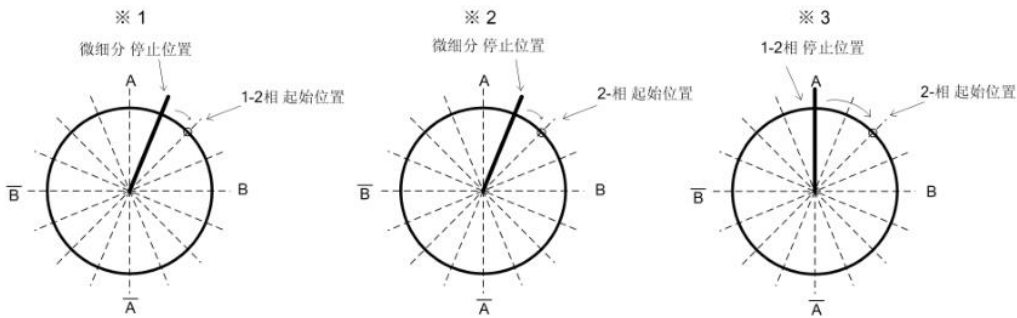
D7	D6	驱动模式
----	----	------

0	0	2 相励磁 整步进 (初始态)
0	1	微细分-32 微步进
1	0	1-2 相励磁 1/2 步进
1	1	微细分-64 微步进

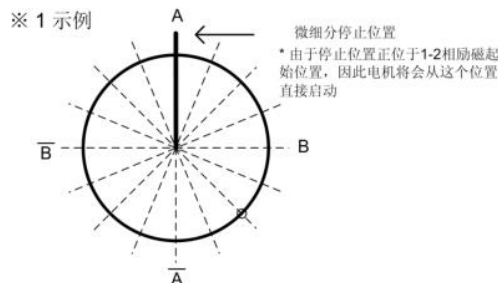
(注释 1) 变更工作模式时, 请勿将 PULSE 数设置为 0

(注释 2) 设置 2-相/1-2 相/微细分励磁模式之后, 模式变化导致起始运行位置的变化如下:

设置前 → 设置后	设置变化后的起始运行位置
微细分 → 1-2 相	从停止起的下一个 1-2 相位置启动 *1
微细分 → 2-相	从停止起的下一个 2-相位置启动 *2
32 微细分 → 64 微细分	从停止位置启动
64 微细分 → 32 微细分	从停止起的下一个 32 微细分位置启动
1-2 相 → 2-相	从停止起的下一个 2-相位置启动 *3
1-2 相 → 微细分	从停止位置启动
2-相 → 1-2 相	从停止位置启动
2-相 → 微细分	从停止位置启动



当电机被设置为反转时 (Rt=1), 电机旋转方向与图中演示相反;
 对于 ※1 ※2 ※3 三种情况, 如果停止位置正好位于设置后模式的起始位置, 则同样由停止位置直接启动



1.1.7 PULSE 用于设置电机运行的整步进数

D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	步数
-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (初始态)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1 (整步进) 1/2 (1/2 步进) 1/8 (32 微步进) 1/16 (64 微步进)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2 (整步进) 1 (1/2 步进) 1/4 (32 微步进) 1/8 (64 微步进)
~												
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2047 (整步进) 2047/2 (1/2 步进) 2047/8 (32 微步进) 2047/16 (64 微步进)
~												
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4095 (整步进) 4095 (1/2 步进上限) 4095/8 (32 微步进) 4095/16 (64 微步进)

(注释) 步数 = Pulse 数 × 驱动模式步进数。示例：

A_MODE = “10” (1-2 相励磁, 1/2 步进), PULSE = 12’ b0011_1110_1000,
整步进数 = 1000 × 1/2 = 500

A_MODE = “11” (64 微步进), PULSE = 12’ b0011_1110_1000, 整步进
数 = 1000 × 1/16 = 62.5

1.1.8 EXL 用于设置电机的励磁时间

D5	励磁时间
0	0
1	1/2 * Pulse

(注释 1) 当设置励磁时间为 0 时, 步进通道均无前置励磁与后置励磁;

(注释 2) 当设置励磁时间为 1 时, 励磁时间为 1/2 整步进;

(注释 3) 当 EXL 设置为 1 时: EN 由 0 变为 1 时, 前置励磁生效; EN 由 1 变为 0 时, 后置励磁生效;

1.1.9 RT 用于设置脉冲旋转方向

D6	方向
0	CW (正转, 初始态)
1	CCW (反转)

1.1.10 EN 用于设置电机驱动使能

D7	输出状态
----	------

0	高阻
1	正常驱动

(注释 1) 当 EN 被设置为“0”时，对 PULSE 寄存器写入任何数据均会被以“0”处理

1.1.11 PWM_CHOP 用于设置 PWM 斩波频率

D1	D0	斩波频率
0	0	FCHOP = FCLK / 128 (初始态)
0	1	FCHOP = FCLK / 256
1	0	FCHOP = FCLK / 512
1	1	FCHOP = FCLK / 1024

(注释 1) “FCLK”为芯片时钟频率

1.1.12 DC_CT 用于设置直流电机驱动状态

D3	D2	驱动状态
0	0	HiZ (初始态)
0	1	正转
1	0	反转
1	1	刹车

1.1.13 DC_SRC 用于设置直流电机内/外部驱动切换

D4	使能状态
0	内部驱动 (DC_CT、初始态)
1	外部管脚驱动

1.1.14 START 用于使能步进电机通道 (A/B 通道) 开始运行

D7/D6	使能状态
0	无 (初始态)
1	A/B 通道运行 (自清零)

(注释) 该寄存器位为 A/B 通道运行指令的启动脉冲，当设置为 1 后，经过一个 SCLK 后会被重新置 0。若步进电机当前已经在运行，则该指令则将设置 (PULSE、CYCLE 等) 载入缓存

1.1.15 CACHE_PWM 用于设置 FLAG 引脚输出信号模式

D7	FLAG 脚状态 (MOTIONPLS=1)
0	引脚直接输出缓存寄存器 (PULSE、EN) 状态，当存在从非零值到零值的变化时输出 128 倍时钟频率的脉冲
1	并且 A_EN，或者 B_EN 设置为 1 时，引脚输出由 PWM_CHOP 和 PWM_DUTY 定义的 PWM 信号

1.1.16 PWM_DUTY 用于设置直流电机通道 PWM 占空比

D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	PWM 占空比
0	0	0	0	0	0	0	128/128 × 100% (初始态)
0	0	0	0	0	0	1	1/128 × 100%
~							~
1	1	1	1	1	1	1	127/128 × 100%

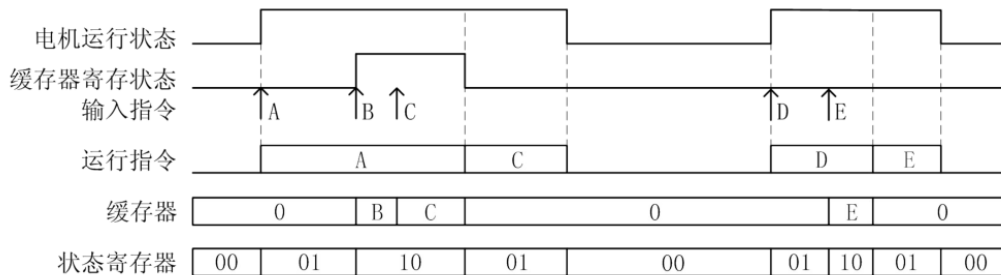
(注释) 相比数字处理精度, 开启/关闭输出驱动通道的时间对 PWM 占空比的值的有着更为重要的影响。为了避免这种情况, 请务必谨慎设置占空比的值。

1.1.17 PPW[3:0] 用于设置步进通道驱动的峰值脉冲宽度

D7/D3	D6/D2	D5/D1	D4/D0	PWM 占空比
0	0	0	0	128/128 × 100% (初始态)
0	0	0	0	1/16 × 100%
~				~
1	1	1	1	15/16 × 100%

1.1.18 缓存功能

芯片内置 1 组 Cache 寄存器, 可在电机正在运行时暂时寄存输入的指令, 当电机执行完当前任务之后会接续被寄存的指令继续运行。



步进电机的运行指令 (MODE、CYCLE、RT、PULSE) 在 PULSE 寄存器所在地址 (的数据) 写入完成之后确定。当前指令运行时, 再次输入的数据会暂存于 CACHE 寄存器, 在当前指令完成后被接续。CACHE 中已经寄存数据时仍可接收新输入的数据, 新输入的数据会覆盖原有数据。

可以通过将 MOTIONPLS 设置为 1, CACHE_PWM 设置为 0 的方式获取当前缓存寄存器的状态: 当任意通道的 PULSE 与 EN 缓存寄存器的值从非零值变为零值的时刻, FLAG 管脚会输出一个宽度为 128 倍时钟宽度的脉冲。如果两个通道都存在这种从非零值变为零值的变化 (不同时刻), 则会通过 FLAG 管脚输出两个脉冲。

1.2 只读寄存器

1.2.1 MS 用于指示当前电机驱动模式

D7	D5	指示驱动模式
0	0	2 相励磁 整步进 (初始态)
0	1	微细分-32 微步进
1	0	1-2 相励磁 1/2 步进
1	1	微细分-64 微步进

1.2.2 BUSY 用于指示当前通道的缓存寄存器状态

D5	指示状态
0	无寄存
1	已寄存

1.2.3 OTP_ERR 用于指示过温保护状态

D5	指示状态
0	正常
1	过温保护

1.2.4 STEP_CU 用于指示当前指令通道已经完成的整步进数

D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	步数
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1 (整步进) 1/2 (1/2 步进) 1/8 (32 微步进) 1/16 (64 微步进)
~												
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2047 (整步进) 2047/2 (1/2 步进) 2047/8 (32 微步进) 2047/16 (64 微步进)
~												
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4095 (整步进) 4095 (1/2 步进上限) 4095/8 (32 微步进) 4095/16 (64 微步进)

1.2.5 WORK 用于指示当前通道的电机运行状态

D4	指示状态
0	停止
1	运行中

2 时序

时序表 A

输入：VIO=3.3V, AVDD = 5V; CL = 20 pF。

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
f _{scl}	SCL 时钟频率			400	kHz
t _{irs}	RST 上升沿到起始	500			us
t _{buf}	转换期间总线空闲时间	4.7			us
t _{hdst}	起始条件保持时间（第一个时钟脉冲前）	4.0			us
t _{low}	时钟低电平时间	4.7			us
t _{high}	时钟高电平时间	4.0			us
t _{sust}	重复起始条件的建立时间	4.7			us
t _{hdd}	SCL 下降沿到 SDA 的保持时间（注）	10			ns
t _{sud}	SDA 到 SCL 上升沿的建立时间	250			ns
t _{rc} , t _{rd}	SCL 和 SDA 的上升时间			1000	ns
t _{fc} , t _{fd}	SCL 和 SDA 的下降时间			300	ns
t _{susp}	结束条件的建立时间	4.7			us
t _{ack}	SCL 下降沿到应答的延时	300		1000	ns

（注释）数据必须保持足够的时间来桥接 SCL 上的转换时间 t_{fc}。

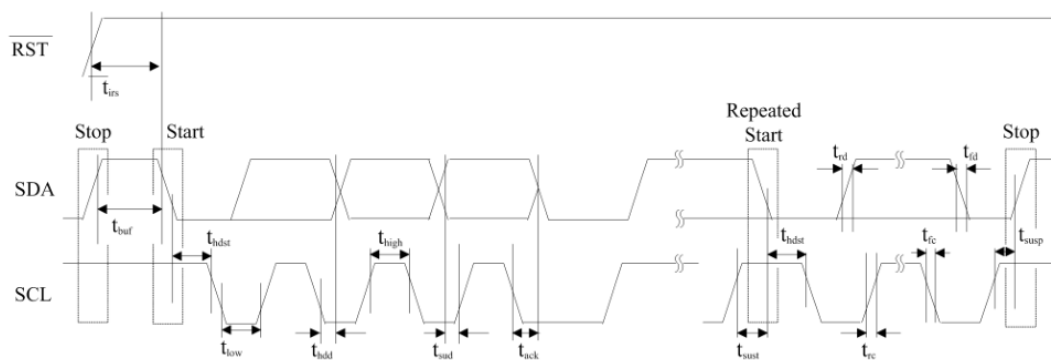
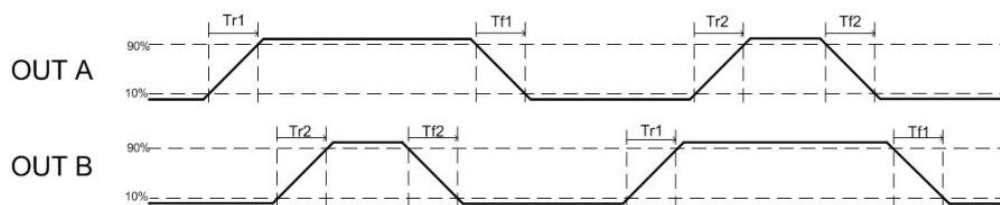


图 6. I²C 模式时序

时序表 B

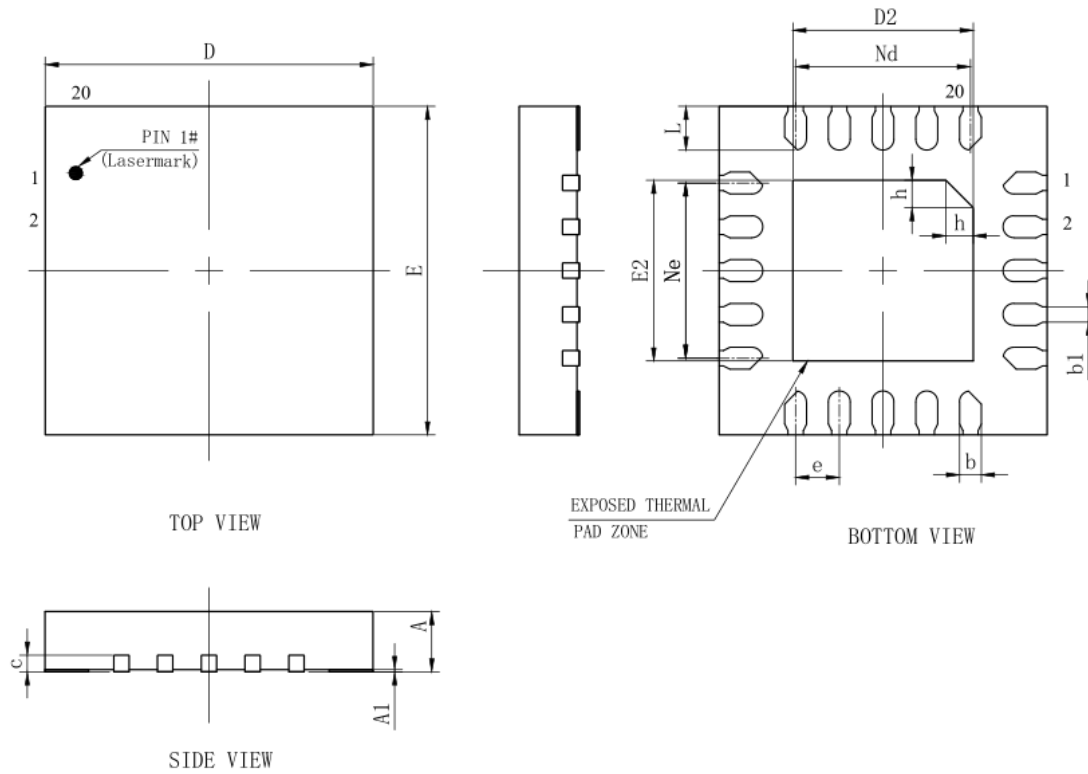
(默认测试条件为室温 25°C $V_{IO} = 3.3V$, $AVDD=5V$ $MVCC = 5V$, 负载电阻 50Ω , 1 通道到 5 通道恒压控制)

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
Tr1	上升时间 1		0.3		μs
Tr2	上升时间 2		0.3		μs
Tf1	下降时间 1		0.03		μs
Tf2	下降时间 2		0.03		μs



Package

QFN20 0303X0.55-0.4



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.50	0.55	0.60
A1	0	0.02	0.05
b	0.15	0.20	0.25
b1	0.14REF		
c	0.10	0.15	0.20
D	2.90	3.00	3.10
D2	1.55	1.65	1.75
e	0.40BSC		
Ne	1.60BSC		
Nd	1.60BSC		
E	2.90	3.00	3.10
E2	1.55	1.65	1.75
L	0.35	0.40	0.45
h	0.20	0.25	0.30
L/F载体尺寸	1.95x1.95		