

## 说明

PT2502 是一个三相、无霍尔传感器 (sensor-less) 无刷直流马达控制芯片。三相控制是基于侦测马达反电动势 (BEMF) 过零交越的方波 / 梯形波控制方式，具有稳定控制效果，不易受到马达差异所影响。该芯片的软切换技术可达到梯型波或类弦波电流波形，进一步降低相电磁噪声。芯片内置的+5V LDO 提供逻辑电路和模拟电路的操作使用。配合外部高电压栅极驱动器和六个 N 通道 MOSFET，PT2502 能够操作达 400V 高电压马达。对于 12V 至 24V 操作，透过简单的抬压电路，可以驱动外部高位 P 通道的 MOSFET 和低位 N 通道 MOSFET。PT2502 提供以刻录方式来改变内部参数设置以优化不同的马达和应用。PT2502 的封装为 SSOP28。

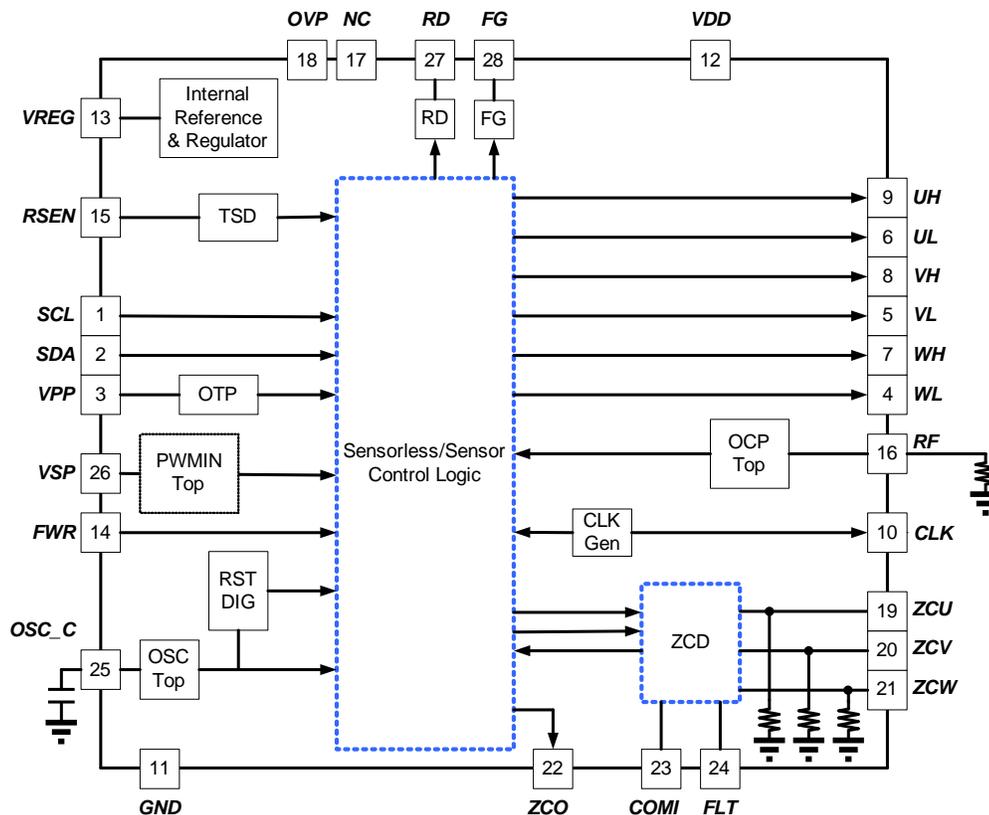
## 产品特征

- 无传感器三相无刷直流马达控制
- 内建+5V LDO，可使用 5V ~ 24V 电源
- OTP 刻录马达控制参数
- 透过 I<sup>2</sup>C 来设定 OTP 参数
- 电流限制与过压保护功能
- 温度保护功能 (使用外部 NTC 电阻)
- 堵转保护功能
- PWM 或 DC 输入速度控制
- FG 转速输出

## 应用

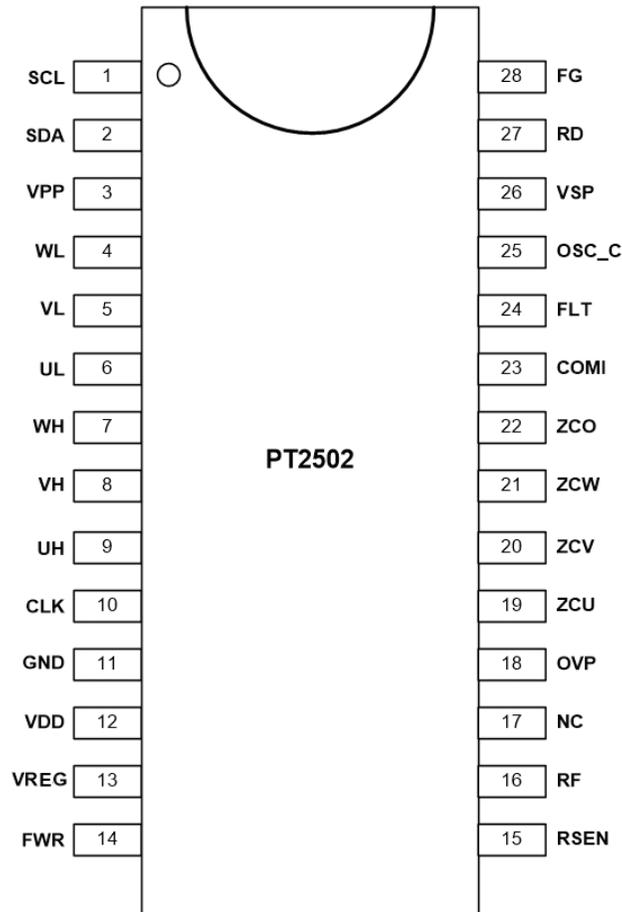
- 三相直流无刷马达
- 高转速风机类应用
- 水泵类应用

## 功能方框图





## 引脚配置



## 引脚说明

引脚名称	I/O/P	描述	Pin 号
SCL	I	I <sup>2</sup> C 控制接口 – 串行频率 ( Clock ) 输入	1
SDA	I/O	I <sup>2</sup> C 控制接口 – 串行数据 ( Data ) 输入 / 输出	2
VPP	P	OTP 刻录电源输入 ( 7.5V )	3
WL	O	W 相低位信号输出	4
VL	O	V 相低位信号输出	5
UL	O	U 相低位信号输出	6
WH	O	W 相高位信号输出	7
VH	O	V 相高位信号输出	8
UH	O	U 相高位信号输出	9
CLK	O	内部 Clock 输出	10
GND	P	信号接地	11
VDD	P	电压输入	12
VREG	P	+5V 电压输出	13
FWR	I	正反转换	14
RSEN	I	可接外部 NTC 电阻作为过温保护	15
RF	I	限流电压感测	16
NC	-	-	17
OVP	I	过压保护	18
ZCU	I	U 相反电动势过零交越输入	19
ZCV	I	V 相反电动势过零交越输入	20
ZCW	I	W 相反电动势过零交越输入	21
ZCO	O	六步换相讯号输出	22
COMI	I	马达三相虚拟中性点	23
FLT	I	六步换相讯号滤波器输入	24
OSC_C	IO	连接外部电容 · 作为 PWM 比较用三角波	25
VSP	I	DC 或 PWM 输入速度控制	26
RD	O	堵转保护指示输出 ( 5V CMOS 逻辑 )	27
FG	O	转速指示输出 ( 5V CMOS 逻辑 )	28

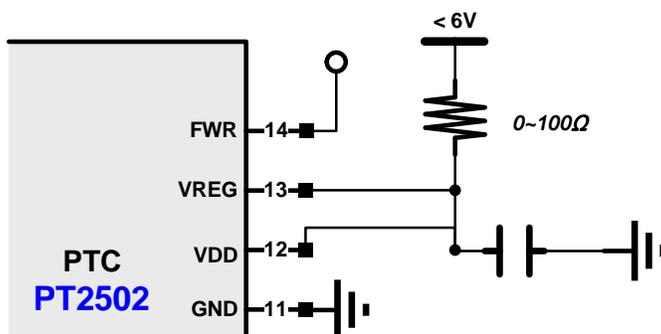
## 功能说明

### 电源

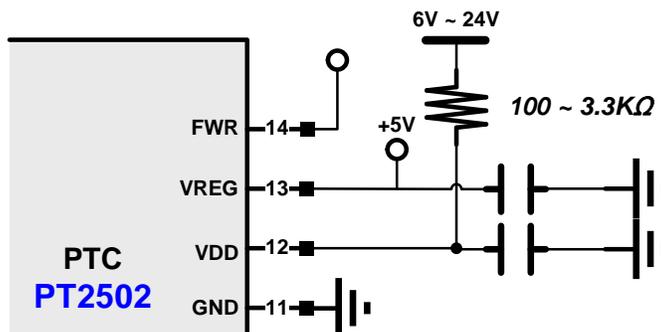
由于 PT2502 电流消耗非常低 (<5 毫安培) 并内置一个 24V 至 5V 线性稳压器 (LDO) 来提供逻辑电路和模拟电路的操作, 所以在 6V 至 24V 马达的应用, 无需添加外部 5V 稳压器。在高压 (<400V) 马达系统中, 也可以直接使用 15V 电压。当使用 5V 电压操作时, 请将 VDD 及 VREG 连接使用。

为了避免电源干扰或不稳定, PT2502 内部会检测 LDO 电压。当 LDO 电压超过 3.5V 时, 会在 10ms 内告知逻辑电路开使运作。在马达系统, 芯片很容易被感应噪声的影响, 旁路电容器建议放置离 IC 电源引脚越近越好。

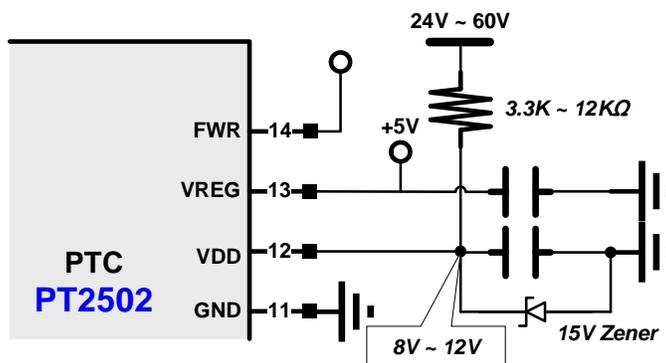
当电源是小于 6V 或是系统有提供 5V 电源时, 请将 VDD 与 VREG 并联, 如下所示:



当电源是 6V ~ 24V 或是 VM >60V 的高压系统中, 会有 15V 的电源时, PT2502 电源接法如下:



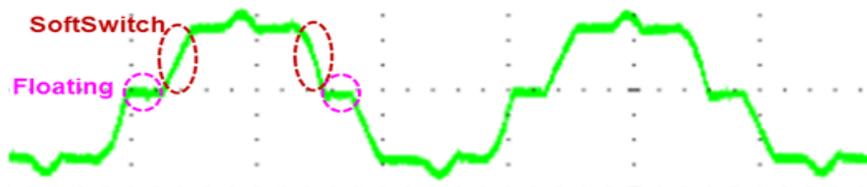
当电源在 24V ~ 60V 时, 可利用电阻将电源电压降至 8V~12V, 以 15V Zener 二极管作为保护, 电源接法如下:



## 无传感器控制

PT2502 控制方案是基于无传感器的梯形波控制。主要好处是，无需霍尔传感器，进而降低模块成本以及温度变化的问题。无传感器控制的回馈实现主要是通过测量马达正在旋转时，马达线圈的感应出的 BEMF。当马达被控制时，UVW 线圈端点电压（相电压）混合了控制信号和 BEMF，使得难以从相电压分开反电动势。利用马达换向时，空转（Floating）马达一段时间（一个特定的角度），是一种可以获得反电动势信号的方法。在一般情况下，纯方波控制时 Floating 电器角度为 60°，一般称为 120°换相控制。梯形波控制时 Floating 电器角度为 30°到 60°。一般在使用 Floating 电器角度 30°时也有称为 150°的换向控制。

PT2502 通过使用分压电阻来降低相电压低于 5V（内部已有 10K 落地电阻），允许模拟电路来处理信号，并产生过零（ZC）信号，来感测 UVW 换相。因为马达，工作电压，速度和其他因素造成系统噪声太大或马达的 BEMF 信号太弱都会影响 ZC 信号准确性，并且这可能导致控制故障，可透过调整模拟滤波器（外部电容）或数字滤波器（内部参数）来改善。PT2502 的采用软开关方式可以帮助降低可听见的马达电流噪声。



PT2502 换相电流波型范例

## 电流限制

PT2502 通过感测用电阻，得到一个与相对相电流相关的电压（在 RF 引脚）达成一个电流限制功能。检测到的 RF 电压超过 0.3V 时，可选择降低 PWM duty 或关闭 PWM 工作模式。RF 电阻需使用高功率的精密电阻，避免因过热烧毁。当 RF 电阻烧毁时会造成开路，可能导致控制器、Gate Driver 及 MOSFET 等组件大范围的毁损。

## COM1 和 FLT 引脚之间的电容值选择

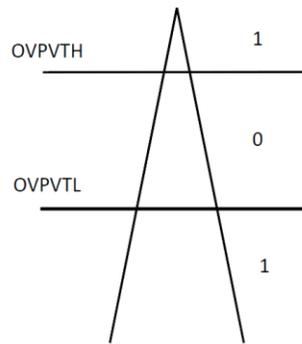
PT2502 是透过比较马达旋转产生的反电动势和 3 相虚拟中点电压产生 ZC 讯号，来检测马达位置。然而，从电机启动时或旋转引起的噪声可能会干扰过零讯号的准确性，这可能导致在启动时失败或降低马达效率。在 COM 和 FLT 引脚之间的电容器有助于减轻噪声干扰的影响。推荐范围电容值是 0.1nF 至 10nF，因为滤波电容也会影响到判断换相延迟，所以通常转速越高的马达电容值越小，才不会因过多的延迟对效率造成影响。另外，也可以使用参数来设定数字滤波器。无论是数字或模拟滤波器都会造成延迟，PT2502 可透过参数来补偿各种延迟，让马达可以维持高效运转。

## 过温保护

PT2502 使用外部负温度系数电阻 ( NTC ) 作为过温保护检测器的来源。在 RSEN 引脚中，普通电阻将连接到 5V，NTC 电阻将连接到地。NTC 电阻应放置在受保护的目標 ( 如 MOSFET ) 附近。如果温度升高，NTC 电阻值会降低，RESE 引脚的电压电平也会降低。当 RSEN 电压低于 0.6V 时，PT2502 进入过温保护 ( OTP ) 模式，拉高 RD 引脚到高电平，系统进入关断模式。保护源冷却后，RSEN 引脚的电压高于 1.2V，马达系统将再次启动。在 PT2502 的关断模式下，UH / UL / VH / VL / WH / WL 输出逻辑电平为低电平。

## 过电压保护

PT2502 的过电压保护功能设计用于停止马达旋转，以防止当外部电压 VM 过高时，马达烧坏，以及当 VM 过低时整个系统的异常行为。过电压保护功能图如下：



过压保护示意图

当 OVP 引脚 ( 通过电阻网络从 VM 生成 ) 的检测电压高于  $OVP_{VTH}$  或检测到的电压低于  $OVP_{VTL}$  时，发出警告信号。只有当检测到的信号在安全范围内时，系统才能正常工作。过电压保护功能默认为 OFF，但其状态可通过 UI 程序读出。为了启动过电压保护，可以通过 UI 程序设置寄存器值。有关详细说明，请参阅 UI 应用程序手册。

在 PT2502 中，可以单独设置  $OVP_{VTH}$  和  $OVP_{VTL}$ 。当检测到的 OVP 信号轻微变化时，内部 OVP 比较器包含滞后电路，以避免不必要的不稳定性。

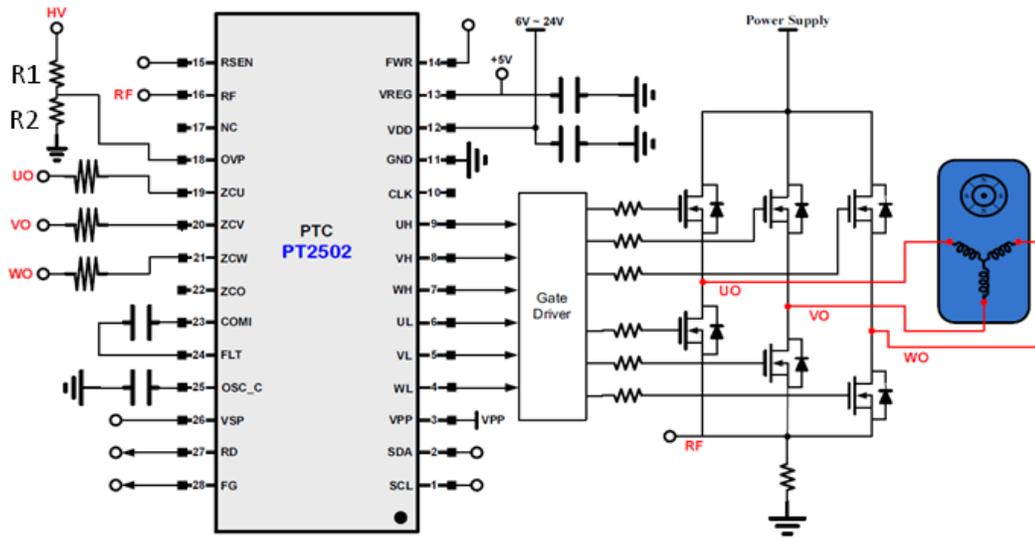
OVPVTH Code	OVP Voltage	Unit	OVPVTL Code	OVP Voltage	Unit
0	2.125	V	0	1.125	V
1	2.250	V	1	1.250	V
2	2.375	V	2	1.375	V
3	2.500	V	3	1.500	V
4	2.625	V	4	1.625	V
5	2.750	V	5	1.750	V
6	2.875	V	6	1.875	V
7	3.000	V	7	2.000	V

$OVP_{VTH}$  和  $OVP_{VTL}$  代码与 OVP 数值比较

下面为 PT2502 设置过电压保护功能的步骤。

1. 根据客户要求的上限和下限操作限制 ( 如果给出了 AC 值 , 请转换为 DC 值 ) , 将上限和下限值相加并除以 4 以获得比率值。
2. 将上限值和下限值分别乘以比率值 , 以分别获得  $OVP_{V_{TH}}$  和  $OVP_{V_{TL}}$  检测阈值。参考上表确定对应于每个所需阈值的适当代码。
3. 只要满足关系  $[ R2 / ( R1 + R2 ) ] * [ \text{上阈值} + \text{下阈值} ] / 2 = 2$  , 根据客户要求计算电阻器值。

### APPLICATION CIRCUIT



應用線路

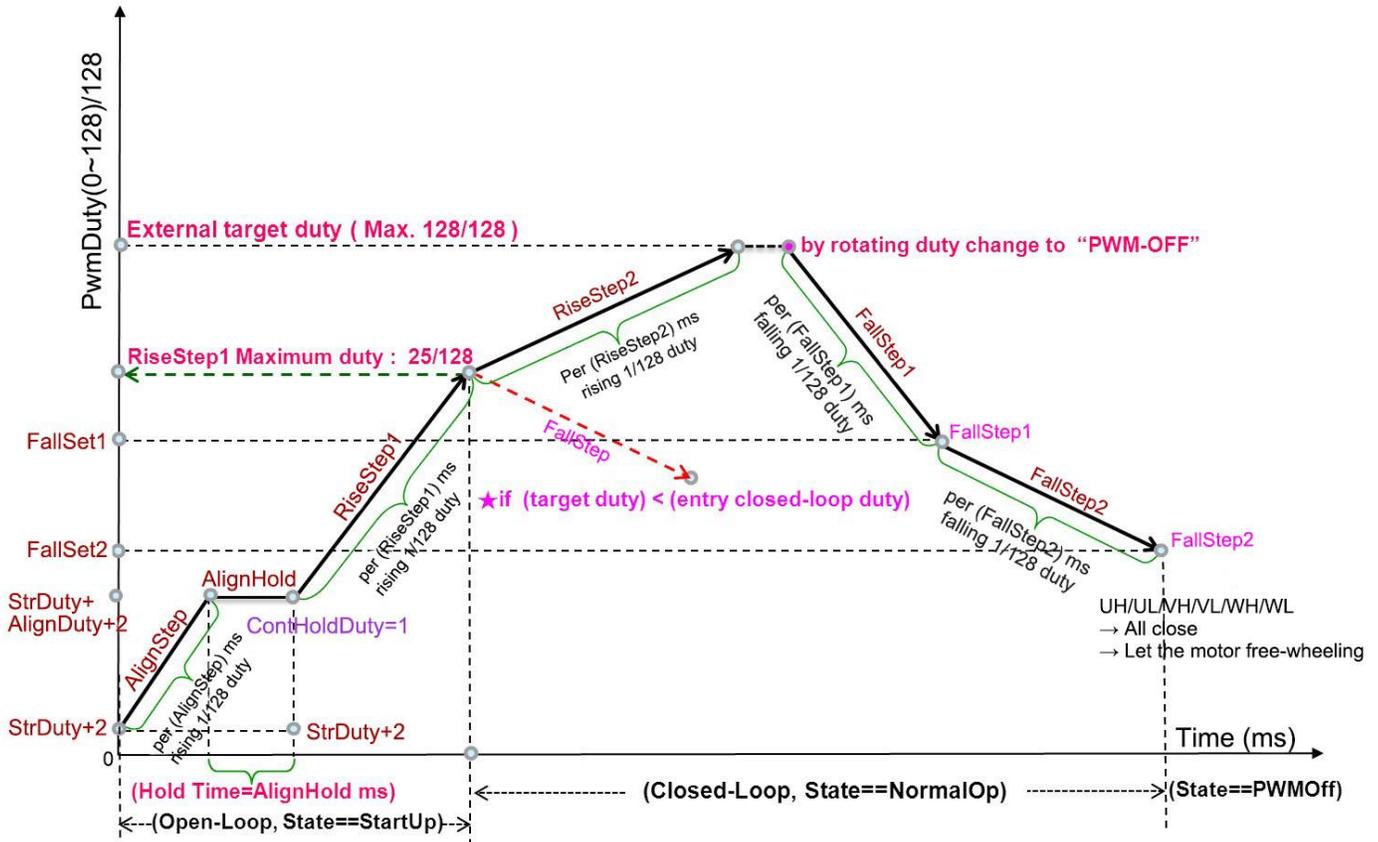
例如 , 在一个应用中 , 所需的马达工作范围从 AC 80V 到 AC 140V 。

1. 通过乘以 1.414 将 AC 值更改为 DC 值。将上限和下限值相加并除以 4 :  $( 80 + 140 ) * 1.414 / 4 = 77.77$  。
2. 较低检测值 ,  $OVP_{V_{TL}} = 80 * 1.414 / 77.77 = 1.454$  。上限检测值  $OVP_{V_{TH}} = 140 * 1.414 / 77.77 = 2.545$  。从这两个值 , 请参考上表中的相应值 , 以选择相应的代码。在该示例中 , 下限代码为 3 , 上限代码为 4 。
3. 最后 , 可以选择电阻器 R1 和 R2 ( 如上面的应用电路中所示 ) 的值。如果 R2 为 40kOhm , 则 R1 计算为 3071kOhm 。 R1 可以选择为 3000kOhm 。

## 参数设定

PT2502 除过电流、过热保护及过零讯号滤波器需由外部引脚的电阻、电容来设定外，其余参数需透过 I<sup>2</sup>C 来实时调整并刻录于内部 OTP 内存，如启动过程、加减速时间及电压落后补偿等。使用 OTP 刻录时，必需提供+7.5V 给 VPP 脚位。

下图为 PT2502 部份参数说明示意图，关系详细的参数说明及调整方式，请参考 PT2502\_UI\_Application\_Note 檔。



## PWM 或 DC 输入速度控制

PT2502 可以使用外部的 DC 电压或 PWM 控制输入 VSP 引脚来改变马达的转速。当使用 PWM 输入时，最高电压需大于 3.5V，最低电压需小于 0.3V，PWM 频率建议为 15KHz 到 25KHz。

使用直流控制时，可调速的范围为 0.6V 至 3.3V 之间。使用外部 MCU 来控制 PT2502 时，可以利用 FG 信号来取得速度的信息进行速度控制。

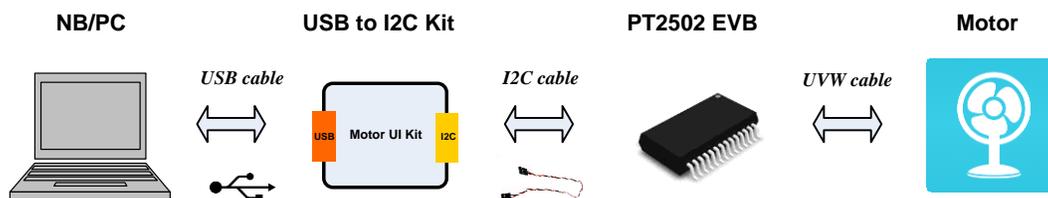
另外 PT2502 也可以接受 I<sup>2</sup>C 来输入 PWM duty 命令，此时请将 VSP 设定为 0.3V 以下。

## 正向与反向设定

PT2502 可以被设置为顺向或经由 FR 引脚进入反向模式，也可以透过 I<sup>2</sup>C 方式来控制。如果 FR 模式改变时，马达会自动停止，然后再向反方向旋转。

## PC 连接

PT2502 可透过 I<sup>2</sup>C 来控制或下达参数或进行 OTP 参数刻录。当进行参数调整时可利用 NB / PC 的 USB 接口转 I<sup>2</sup>C 方式修改 IC 内部寄存器，其连接方式如下图所示：

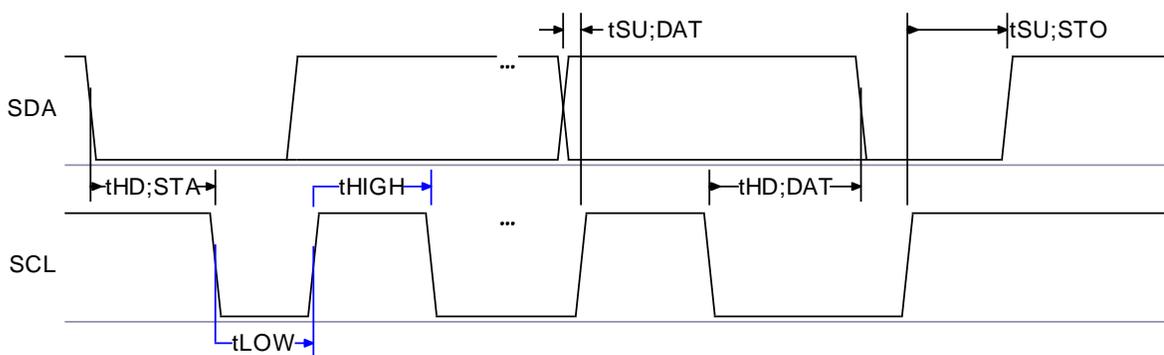


当透过 I<sup>2</sup>C 对 IC 寄存器进行参数调整时，并不会影响 OTP 刻录，所以可以任意调整直到符合需求。

调整后的参数可进行存档或刻录。请注意，当调整的数值未刻录于 IC 的 OTP 中，IC 在重新给电后寄存器数值将不会是 NB / PC 端的数值，而是会有三种情况：

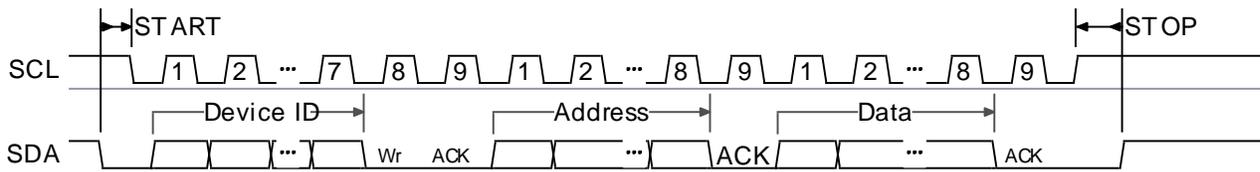
1. 当 OTP bank0 & bank1 为空白时，寄存器将默认值填入。
2. 当 OTP bank0 有数值，bank1 为空白时，寄存器会将 bank0 数值填入。
3. 当 OTP bank0 & bank1 都有数值时，寄存器会将 bank1 数值填入。

I<sup>2</sup>C 频率规格为下

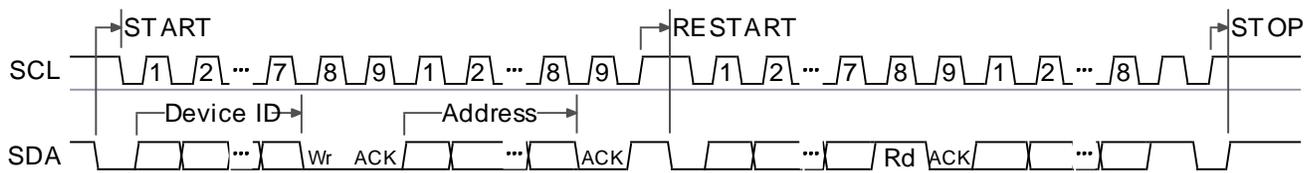


参数	符号	条件	最小	最大	单位
SCL clock frequency	f <sub>SCL</sub>		0	50	KHz
Hold time START condition	t <sub>HD;STA</sub>		4	-	μS
LOW period of the SCL clock	t <sub>LOW</sub>		4.7	-	μS
HIGH period of the SCL clock	t <sub>HIGH</sub>		4.0	-	μS
Data setup time	t <sub>SU;DAT</sub>		250	-	nS
Data hold time	t <sub>HD;DAT</sub>		5.0	-	μS
Setup time for STOP condition	t <sub>SU;STO</sub>		4.0	-	μS

I<sup>2</sup>C 数据写入时序



I<sup>2</sup>C 数据读出时序



## I<sup>2</sup>C 读写控制

常用 I<sup>2</sup>C 读写命令表 ( READ / WRITE COMMAND TABLE ) 如下:

寄存器地图 ( 地址 h00 ~ h04 ) :

Bit								Address	Default
7	6	5	4	3	2	1	0	Hex	Hex
				PWMS_EN		FWRS1_EN	FWRS0	0	0x00
PWM_I2C								1	0x00
FG_I2C[7:0]								2	0x00
				FG_I2C[11:8]				3	0x00
Mstate[2:0]			RD	TSD	OVP	OCP		4	0x40

读写命令表 ( 地址 h00 ~ h04 ) :

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )	读写 ( R / W )
<b>0x00</b>	Bit[7:3]	Reserved	-	0x00	-
	Bit[2]	PWMS_EN	1: 让 I <sup>2</sup> C 可以控制 PWM duty 输入: PWM_I2C[7:0] 0: 外部控制 VSP 脚位 PWM duty 输入		W
	Bit[1]	FWRS1_EN	1: 让 I <sup>2</sup> C 可控制正反转 0: I <sup>2</sup> C 无法控制正反转		W
	Bit[0]	FWRS0	正反转控制 1: 正转 ( default ) 0: 反转		W
<b>0x01</b>	Bit[7:0]	PWM_I2C[7:0]	PWM duty 命令 ( 由 I <sup>2</sup> C 写入 )	0x00	W
<b>0x02</b>	Bit[7:0]	FG_I2C[7:0]	FG 频率 ( 由 I <sup>2</sup> C 读取 )	0x00	R
<b>0x03</b>	Bit[3:0]	FG_I2C[11:8]	接 0x20 Bit[7:0]	0x00	R
<b>0x04</b>	Bit[7:5]	Mstate[2:0]	马达系统状态: [000]: 启动状态 ( Start-Up ) [001]: 正常运转状态 ( Normal ) [010]: 关断状态 ( PWM-Off ) [011]: 过温保护或过电压保护状态 ( TSD / OVP ) [100]: 堵转状态 ( Lock-On ) [101]: 死锁状态 ( Dead-Lock )	0x40	R
	Bit[4]	RD	1: 进入保护状态 0: 正常运转状态		R
	Bit[3]	TSD	1: 过温保护状态 0: 正常		R
	Bit[2]	OVP	1: 过电压保护状态 0: 正常		R
	Bit[1]	OCP	1: 过电流保护状态 0: 正常		R
	Bit[0]	Reserved	-		-

## I<sup>2</sup>C 控制参数

常用 I<sup>2</sup>C 控制参数表如下:

寄存器地图 ( 地址 h21 ~ h49 ) :

Bit								Address Hex	Default Hex	
7	6	5	4	3	2	1	0			
AlignStep[7:0]								21	0x64	
AlignHold[7:0]								22	0x00	
RiseStep1[7:0]								23	0x64	
RiseStep2[7:0]								24	0x64	
DutySel	SmoothSel[1:0]		RiseStep2[8]	RiseStep1[8]	AlignHold[9:8]		AlignStep[8]	25	0xC0	
FallStep2[8]	FallStep1[8]	SSWDegree[2:0]			HMOS	ContHoldDuty	OCPSEL	26	0x1E	
FallStep1[7:0]								27	0x32	
FallStep2[7:0]								28	0x64	
EnOVP	BrakeEndSet[2:0]			DeadTime[3:0]				29	0x33	
FallSet1[7:0]								2A	0x28	
FallSet2[7:0]								2B	0x12	
OCP BlankWidth[2:0]				ZCTarget[4:0]				2C	0x8F	
ZCCntMn[7:0]								2D	0xC8	
DigitalFilter[9:8]		ZCCntMn[13:8]						2E	0x00	
DigitalFilter[7:0]								2F	0xC0	
FilterDelay[7:0]								30	0xB8	
FilterDelay[15:8]								31	0x0B	
MinDuty[7:0]								32	0x05	
StartTimeLimit[3:0]				LockStopTime[3:0]				33	0x55	
DeadLock[7:0]								34	0x14	
StartStep1[7:0]								35	0xE8	
EnSpdCtrl	DeadLock[8]	StartStep1[13:8]						36	0x03	
StartStep2[7:0]								37	0x20	
ShortNum[1:0]		StartStep2[13:8]						38	0xC3	
LowFreqthd[1:0]		WaitTime[9:8]			FrFloating[3:0]			39	0x41	
WaitTime[7:0]								3A	0x0D	
EnFreqSpd	StrDuty[6:0]							3B	0x03	
PreMUXTime[1:0]		AlignDuty[5:0]						3C	0x86	
MaxDuty[7:0]								3D	0x80	
Div4	BrakeCountSet[6:0]							3E	0x7F	
PreCheckTime[7:0]								3F	0x7C	
FGLSel[1:0]		PreCheckTime[13:8]						40	0x41	
BrakeClkSel[1:0]		RevBrakeTime[5:0]						41	0x7C	
TrimA[7:0]								42	0x88	
TrimB[7:0]								43	0x88	
TrimC[7:0]								44	0xF0	
ZcTooLong[7:0]								45	0xC8	
ZcTooLong[11:8]				EnPreCheck	SpdSel[2:0]				46	0x0B
ZCIgnoreTime[7:0]								47	0x80	
HysterSel[1:0]		ZCIgnoreTime[13:8]						48	0x42	
				ZCIgnoreSelect	ZCIgnorePhase[2:0]				49	0x01

参数表 ( 地址 h21 ~ h49 ) :

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )
0x21	Bit[7:0]	AlignStep [7:0]	设定 Align 的过程中，力量逐渐增加，避免过大的摆动。每一设定时间 ( AlignStep ) 上加 1 / 128 duty 的力量。	0x64
0x22	Bit[7:0]	AlignHold [7:0]	设定 Align 持续的时间。	0x00
0x23	Bit[7:0]	RiseStep1 [7:0]	设定还未进入 sensorless 控制前，起动加速的斜率，每 RiseStep1 时间增加 1 / 128 duty，最大增加到 25 / 128 duty。	0x64
0x24	Bit[7:0]	RiseStep2 [7:0]	设定进入 sensorless 控制后，加速的斜率，每 RiseStep2 时间增加 1 / 128 duty，最大增加到外部设定的转速或内部保护控制所箝制的 PWM duty。	0x64
0x25	Bit[7]	DutySelect	PWM duty 处理选择，default : 1。 设 1: PWM duty 输出的改变会经内部控制器处理，上升下降曲线可达渐进方式。 设 0: PWM DUTY 输出的改变不会经内部控制器处理，由外部命令控制	0xC0
	Bit[6:5]	SmoothSel [1:0]	在进入 sensorless 后，若 ZC 讯号抖动过大，会判定不正常，系统进入堵转保护。设定 ZC 抖动的范围。	
	Bit[4]	RiseStep2 [8]	接 0x24 Bit[7:0]	
	Bit[3]	RiseStep1 [8]	接 0x23 Bit[7:0]	
	Bit[2:1]	AlignHold [9:8]	设定 Align 持续的时间。单位 ms。default : 0。	
	Bit[0]	AlignStep [8]	接 0x21 Bit[7:0]	
0x26	Bit[7]	FallStep2 [8]	接 0x28 Bit[7:0]	0x1E
	Bit[6]	FallStep1 [8]	接 0x27 Bit[7:0]	
	Bit[5:3]	SSWDegree [2:0]	设定 Soft-Switch 角度设定，SSWDegree 角度越大，相对的 Floating 时间角度会缩短。	
	Bit[2]	High-Side MOS	高位 MOS 极性设定，default : 1。 设 1: 正逻辑，设 0: 负逻辑。	
	Bit[1]	ContHoldDuty	当 AlignHold 结束后，设定是否延用 Align 的力量来作为起动的起始力量。default : 1。 设 0: RiseStep1 Duty 则由 ( StrDuty+2 ) 开始， 设 1: RiseStep1 Duty 则接续 HoldTime 结束之后的 Duty。	

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )
	Bit[0]	OCPSEL	PT2502 利用 RF 引脚上的电压讯号来侦测流经马达及 MOS 电流，当电压超过设定值时，PT2502 会降低 PWM duty 来作为过电流或限电流保护，在降低 PWM duty 时可选择反应速度。default : 0。 设 1: 反应速度为 20KHz ( 0.5 $\mu$ s )，反应快，但可能会有电子噪声。 设 0: 反应速度为一个电气周期 ( 或 ZC 周期 )，反应慢，无因 OCP 产生的电子噪声。	
0x27	Bit[7:0]	FallStep1 [7:0]	PWM Duty 下减时的第一段斜率设定，为每 ( FallStep1 ) ms 下减 1 / 128 duty。	0x32
0x28	Bit[7:0]	FallStep2 [7:0]	PWM Duty 下减时的第二段斜率设定，为每 ( FallStep2 ) ms 下减 1 / 128 duty。	0x64
0x29	Bit[7]	EnOVP	enable OVP 功能，default : 0。 设 1: 为有过电压保护功能，当发生过电压时，System 即会进入 Lock-On State。 设 0: 为取消过电压保护功能。	0x33
	Bit[6:4]	BrakeEndSet [2:0]	设定逆风刹车至快停止的 ZC 长度，default : 3。 设 0: 7.8ms。 设 1: 15.6ms。 设 2: 23.4ms。 设 3: 31.2ms。 设 4: 39ms。 设 5: 46.8ms。 设 6: 54.6ms。 设 7: 70.2ms。 而后紧接起动之 Alignment 程序。	
	Bit[3:0]	Dead Time [3:0]	单位为一个 clock-cycle ( 0.39 $\mu$ s )，default : 3。	
0x2A	Bit[7:0]	FallSet1 [7:0]	PWM Duty 下减的两段斜率的区隔设定值，由此值开始即使用第二段下减斜率。	0x28
0x2B	Bit[7:0]	FallSet2[7:0]	运转中若执行 PWMOFF 或 FWR 反转命令，PWM Duty 下减至滑行 ( 六个 MOS 全关 ) 状态之 Duty 设定。	0x12
0x2C	Bit[7:5]	OCP_Blank Width [2:0]	因 PWM 切换时 ( switching ) 会产生突波讯号，除了可以用外部低通滤波器来过滤外，也可由内部控制，避开这段时间，进而确保可读到正确的 OCP 讯号。这段时间为 OCP blank。可设定 0~4 个 clock-cycle ( 0.39 $\mu$ s )。当设为 0 时，则取消 OCP blank 功能，default : 4。	0x8F

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )
	Bit[4:0]	ZCTarget [4:0]	设定在起动过程中，读取到数目的正确 ZC，系统才会近入 sensorless 控制。建议值 10~25，default : 15。	
0x2D	Bit[7:0]	ZCCntMn [7:0]	在进入 sensorless 后，ZC 讯号若是过短，会判定不正常，系统进入堵转保护。设定 ZC 最短时间，单位 clock-cycle ( 0.39μs )。	0xC8
0x2E	Bit[7:6]	Digital Filter [9:8]	接 0x2F BIT[7:0]	0x00
	Bit[5:0]	ZCCntMn [13:8]	接 0x2D BIT[7:0]	
0x2F	Bit[7:0]	Digital Filter [7:0]	为 ZC 讯号数字滤波 ( de-glitch ) 的宽度设定。单位为一个 clock-cycle ( 0.39μs )，default : 192。	0xC0
0x30	Bit[7:0]	Filter Delay [7:0]	就是“外部电路 Filter 电容” + “Digital Filter”所造成的 delay 相对应时间值。调整这个“Filter Delay”值若 match 时，电流波形会较对称 ZC 也会较稳定，效率控制也会最佳。单位为一个 clock-cycle ( 0.39μs )，default : 3000。	0xB8
0x31	Bit[7:0]	Filter Delay [15:8]		0x0B
0x32	Bit[7:0]	Min Duty [7:0]	限制 PWMIN 的最小 duty，单位 1 / 128 duty。最大设定值为 64 / 128。 当输入的 PWM duty 小于 minDuty 时，则为 PWM OFF，default : 5。	0x05
0x33	Bit[7:4]	Start Time Limit [3:0]	起动时，进入 sensorless 的时间限制，单位 秒，default : 5。设定范围 1~15 秒。若时间内未进 sensorless，即会进入堵转保护 ( Lock-On State )。	0x55
	Bit[3:0]	Lock Stop Time [3:0]	当 System State 进入堵转保护时的等待时间设定。单位 秒，default : 5。设定范围 1~15 秒。	
0x34	Bit[7:0]	Dead Lock [7:0]	Lock-On State 到锁机状态的次数设定，单位：Lock-On 次数。即 Lock-On 停转多少次之后就会锁机，必须重新插拔电源才可解除。	0x14
0x35	Bit[7:0]	StartStep1 [7:0]	设定起动过程中，还未出现正确 ZC 讯号，强制换步的步伐长度。	0xE8
0x36	Bit[7]	EnSpdCtrl	Enable PWM-Duty Speed Control，default : 0，当“enFreqSpd”为 0 时，此 enable 才有作用，此为第二级的控制命令。 设 1: PWM IN 即为以 Duty 控制的定转速命令， 设 0: 且当 enFreqSpd 也为 0 时，PWM IN 则为原本的 Duty 命令。	0x03
	Bit[6]	Dead Lock [8]	接 0x34 Bit[7:0]	
	Bit[5:0]	StartStep1 [13:8]	接 0x35 Bit[7:0]	
0x37	Bit[7:0]	StartStep2 [7:0]	设定起动过程中，已有 ZC 出现，但还未达 sensorless 控制条件时，强制换步的步伐长度。单位 ms，default : 800。	0x20

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )
0x38	Bit[7:6]	ShortNum [1:0]	因 ZC 过短有时可能是受到干扰，此参数是设定连续的过短 ZC 数目，才判定进入堵转状态。 设 0: disable 不判断， 设 1: 侦测到一次， 设 2: 侦测到连续二次， 设 3: 侦测到连续三次。	0xC3
	Bit[5:0]	StartStep2 [13:8]	接 0x37 Bit[7:0]	
0x39	Bit[7:6]	Low Freqthd	Low Frequency Threshold，在频率速度控制命令时，输入的最低频率限制。当输入的控制频率小于“LowFreqThd”设定值，则为 Frequency OFF，default : 1。 设 0: 1Hz，设 1: 5Hz，设 2: 10Hz，设 3: 20Hz。	0x41
	Bit[5:4]	Wait Time 9:8]	接 0x3A Bit[7:0]	
	Bit[3:0]	Fr Floating [3:0]	当执行 FWR 反转命令后，并执行完毕 FallSet2，风扇滑行减速至快停止时（ZC 达 0.3 秒没有变化），准备反方向起动的缓冲时间设定。	
0x3A	Bit[7:0]	Wait Time [7:0]	PT2502 在起动过程中，采用方波控制（120 度控制）。此为设定进入 sensorless 控制后改成梯形波控制的延迟时间，目的是让 sensorless 控制更为稳定。WaitTime 每单位 32ms，default : 13，即为 416ms。	0x0D
0x3B	Bit[7]	EnFreqSpd	Enable Frequency Speed Control，default : 0，此为最高的控制命令。 设 1: 为 频率输入之速度控制命令， 设 0: 为 Duty 控制的定转速命令或原来的 PWM Duty 命令。	0x03
	Bit[6:0]	Str Duty [6:0]	设定初始的力道，目的是克服马达的静摩擦，在 Alignment & Startup 都会用到这个参数。单位 1 / 128 duty，default : 3。	
0x3C	Bit[7:6]	PreMUX Time [1:0]	设定轮流检查 U、V、W 三相的时间，用来判断马达是处于正转还是反转的状况，default : 2。	0x86
	Bit[5:0]	Align Duty [5:0]	设定 Align 最大的力量，单位 1 / 128 duty。最大 31 / 128 duty。default : 6	
0x3D	Bit[7:0]	Max Duty [7:0]	限制 PWMIN 的最大 duty，单位 1 / 128 duty。最小设定值为 64 / 128。 当输入的 PWM duty 大于 maxDuty 时，输出即为 maxDuty， default : 128。	0x80

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )
0x3E	Bit[7]	Div4	Input Frequency Divided by 4 · default : 0 ° 设 1: 输入频率为 FG 输出频率的四倍 · 设 0: 输入频率同于 FG 输出频率。	0x7F
	Bit[6:0]	Brake Count Set [6:0]	设定点刹中间隔的时间 ( 休息 Floating ) · 为 BrakeClkSel 的倍数 ( 1~127 ) · default : 127 °。	
0x3F	Bit[7:0]	PreCheck Time [7:0]	设定顺逆风起动 PreCheck 程序之最大时间。	0x7C
0x40	Bit[7:6]	FGLSel [1:0]	FG output 频率设定 · 单位 Hz · default : 1 ° 设 0: FG output 为除 2 的 FG 频率 · 设 1: 为正常的 FG 频率 · 若为 8 poles 马达 · 转速即为 ( 15 * FG 频率 ) rpm · 设 2: FG output 为乘 2 的 FG 频率 · 设 3: FG output 为乘 3 的 FG 频率。	0x41
	Bit[5:0]	PreCheck Time [13:8]	接 0x3F Bit[7:0]	
0x41	Bit[7:6]	BrakeClkSel [1:0]	在侦测到逆风时 · PT2502 会先刹停再起动 · 刹车采用点刹的方式 · 而且一次比一次刹的时间更长 · 如第一次刹 1ms · 第二次则为 2ms · 第三次为 3ms · 以此类推直到马达停止 · BrakeClkSel 则是 设定刹车的单位时间 · default : 1 ( 500µs ) ° 设 0: 100µs · 设 1: 500µs · 设 2: 1ms · 设 3: 2ms °。	0x7C
	Bit[5:0]	Reserved	-	
0x42	Bit[7:0]	Reserved	-	0x88
0x43	Bit[7:0]	Reserved	-	0x88
0x44	Bit[7:0]	Reserved	-	0xF0
0x45	Bit[7:0]	ZcToo Long [7:0]	在进入 sensorless 后 · ZC 讯号若是过长 · 会判定不正常 · 系统进 入堵转保护 · 设定 ZC 最长时间。	0xC8
0x46	Bit[7:4]	ZcToo Long [11:8]	接 0x46 Bitp7:0]	0x0B
	Bit[3]	EnPre Check	default : 1 ° 设 1 : 有顺逆风起动侦测程序 · 设 0 : 无顺逆风起动侦测程序。	

地址 ( Hex )	位 ( Bits )	寄存器 ( Register )	说明	默认值 ( Hex )
	Bit[2:0]	SpdSel [2:0]	以 PWM-Duty 控制定转速命令之 FG 频率范围选择 · default : 3 。 设 0: 16Hz · 设 1: 32Hz · 设 2: 64Hz · 设 3: 128Hz · 设 4: 256Hz · 设 5: 512Hz · 设 6: 1024Hz · 设 7: 2048Hz	
<b>0x47</b>	Bit[7:0]	ZCIgnore Time [7:0]	为 ST1 & ST2 公式中的固定时间 · 单位为一个 clock-cycle ( 0.39μs ) · default : 640 。	<b>0x80</b>
<b>0x48</b>	Bit[7:6]	HysterSel [1:0]	PT2502 提供定转速控制 ( 速度闭循环控制 ) · 命令输入可使用 Frequency ( 或称 Clock ) · PWM duty · VSP 电压 · 而同样需作 设定的为迟滞参数 · 设定频率或 PWM-Duty 定转速命令之迟滞角度 选择。 Hysteresis Select · default : 1 。	<b>0x42</b>
	Bit[5:0]	ZCIgnore Time [13:8]	接 0x47 Bit[7:0]	
<b>0x49</b>	Bit[7:4]	Reserved	-	<b>0x01</b>
	Bit[3]	ZCIgnore Select	在马达换相时 · 此时 ZC 讯号不稳定 · 在读取 ZC 讯号时需避开这 段时间 ( 后续称为 ST ) 。 由于这段 ST 的时间会因马达及转速不同 而改变 · 若时间过短 · 可能影响 ZC 判断 · 若时间过长 · 可能会 压缩 ZC 可判断的时间 · PT2502 提供两种公式选择来设定 ST 时 间 · default : 0 。	
	Bit[2:0]	ZCIgnore Phase [2:0]	为 ST2 公式中的角度选择 · default : 1 => 3.75 度 。 设 0: 1.875 度 · 设 1: 3.75 度 · 设 2: 7.5 度 · 设 3: 11.25 度 · 设 4: 15 度 · 设 5: 18.75 度 · 设 6: 20.625 度 · 设 7: 22.5 度 。	

## 绝对最大额定值

参数	符号	最小	最大	单位
电源电压范围	$V_{DD}$	5	28	V
I / O 电压	-	-0.3	6	V
工作温度范围	$T_A$	-40	+85	°C
存储温度范围	$T_{STG}$	-40	+150	°C

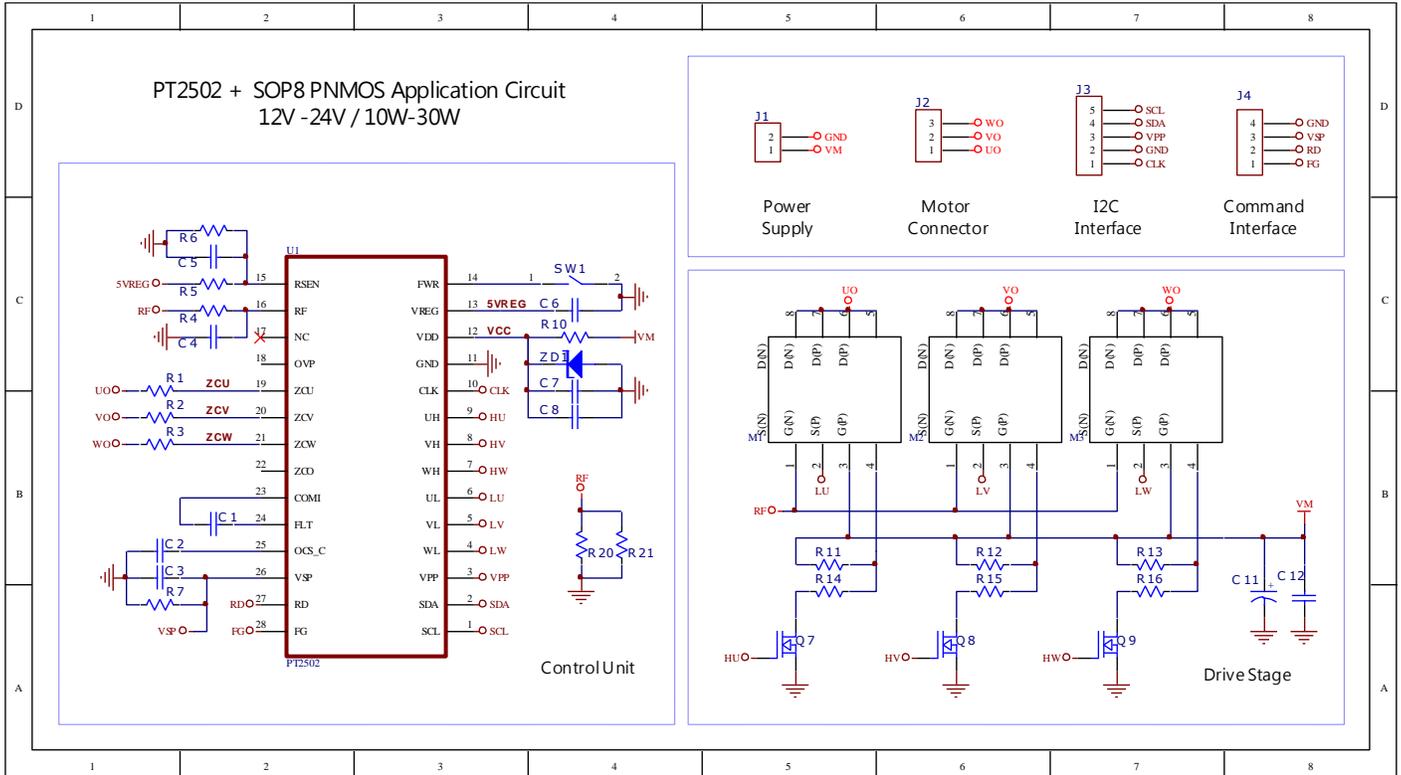
## 电气特性

 标称条件：V<sub>DD</sub> = 12.0V · SGND = V<sub>SS</sub> · T<sub>A</sub> = + 27°C

参数	符号	条件	最小	典型	最大	单位
<b>一般特性</b>						
电源电压	V <sub>DD</sub>	VDD input	6	12	24	V
消耗电流	I <sub>DD</sub>	VDD = 12V	-	5	-	mA
稳压器输出电压	V <sub>REG</sub>		4.75	5	5.25	V
稳压器输出电流	I <sub>REG</sub>		-	20	-	mA
<b>引脚参数设置</b>						
过电流保护电压	V <sub>OCP</sub>	RF pin	-	0.3	-	V
外部振荡器	F <sub>OSC_1K</sub>	OSC_C= 470pF	-	1	-	KHz
外部振荡器范围	F <sub>OSC_C</sub>	OSC_C pin	0.1	-	10	KHz
<b>操作特性</b>						
PWM 切换频率	F <sub>sw</sub>		-	20	-	KHz
<b>I/O 界面</b>						
逻辑输出高电平	V <sub>OH</sub>	UVWL · UVWH · FG · RD	4.0	4.5	5.5	V
逻辑输出低电平	V <sub>OL</sub>	UVWL · UVWH · FG · RD	-	0	0.3	V
逻辑输入上拉阻抗	I <sub>source</sub>	FR	-	-	10	μA
RSEN 内部上拉阻抗	R <sub>SEN</sub>	RSEN pin · connect to V <sub>REG</sub>	-	47	-	KΩ
VSP 使用 DC 输入电压范围	VSP <sub>DC</sub>	DC input ( VSP pin )	0.3	-	3.0	V
VSP 使用 PWM 输入高电平	VSP <sub>H</sub>	PWM input ( VSP pin )	3.3	-	-	V
VSP 使用 PWM 输入低电平	VSP <sub>L</sub>	PWM input ( VSP pin )	-	-	0.3	V
VSP 使用 PWM 输入频率范围	VSP <sub>F</sub>	PWM input ( VSP pin )	15	-	25	KHz
<b>参数设定</b>						
过温保护触发电平	V <sub>OTP</sub>	RSEN pin	-	0.6	-	V
过温保护复归电平	V <sub>REL</sub>	RSEN pin	-	1.2	-	V
过压保护高压电平*	OVP <sub>VTH</sub>	OVP pin	-	3.0	-	V
过压保护低压电平*	OVP <sub>VTL</sub>	OVP pin	-	1.125	-	V

 \* OVP<sub>VTH</sub>, OVP<sub>VTL</sub> 可以由 I<sup>2</sup>C 接口来设定调整 · 详细参数设定如过压保护段落所描述。

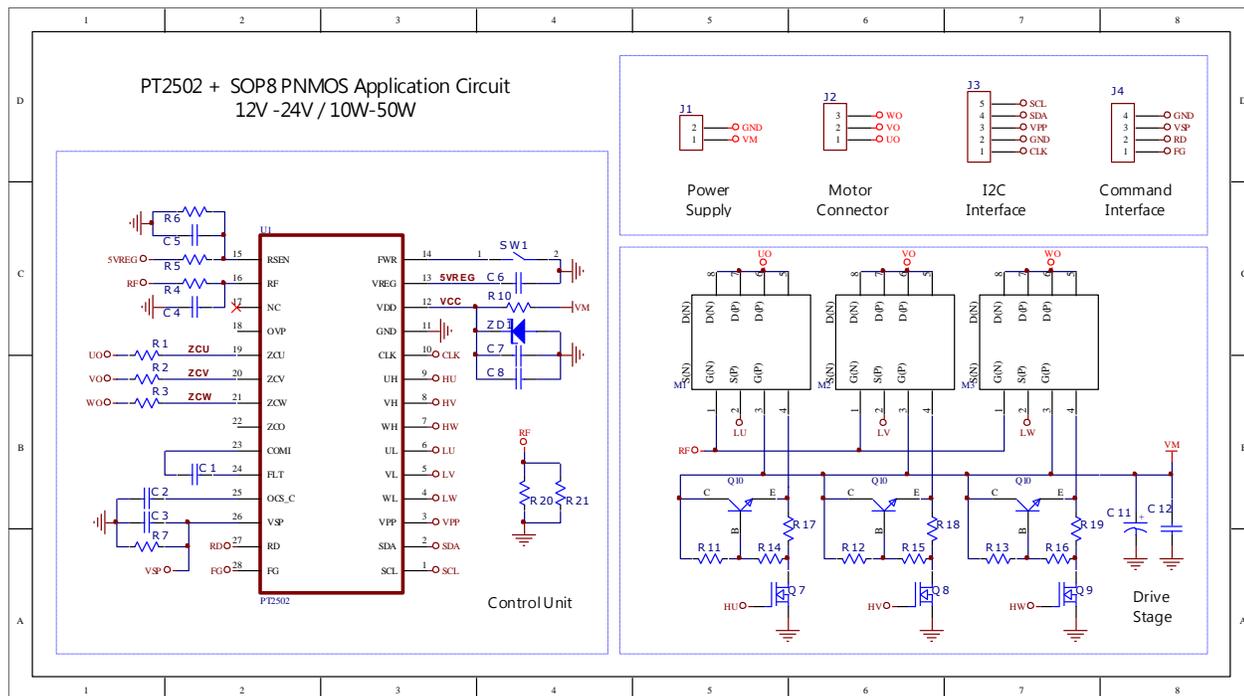
## 应用范例 ( 1 ) - 12V-24V / 10W-30W



### BOM of PT2502 + SOP8 PNMOS for 24V

组件	外观尺寸	数值	说明	组件	外观尺寸	数值	说明
U1	SSOP28_150	PT2502		R1 · R2 · R3	0805	33K ~ 68K	
M1 · M2 · M3	SOP8	PNMOS		R4	0805	10K	
Q7 · Q8 · Q9	SOT23	NMOS ( 2N7002 )		R5	0805	100K	
ZD1	D1206	ZD15V		R6	0805	NTC ( TBD )	
C1	0805	100pF ~ 10nF		R7	0805	100K	
C2	0805	1nF		R10	0805	100R ~2.2K	
C3 · C4 · C5	0805	1nF ~ 100nF		R11 · R12 · R13	0805	390	
C6	0805	1uF		R14 · R15 · R16	0805	390	
C7	0805	100nF / 25V		R20 · R21	1812	0.22	
C8	1206	1uF / 25V					
C10	1206	10uF / 25V ( NC )					
C11	DIP	100uF / 25V					

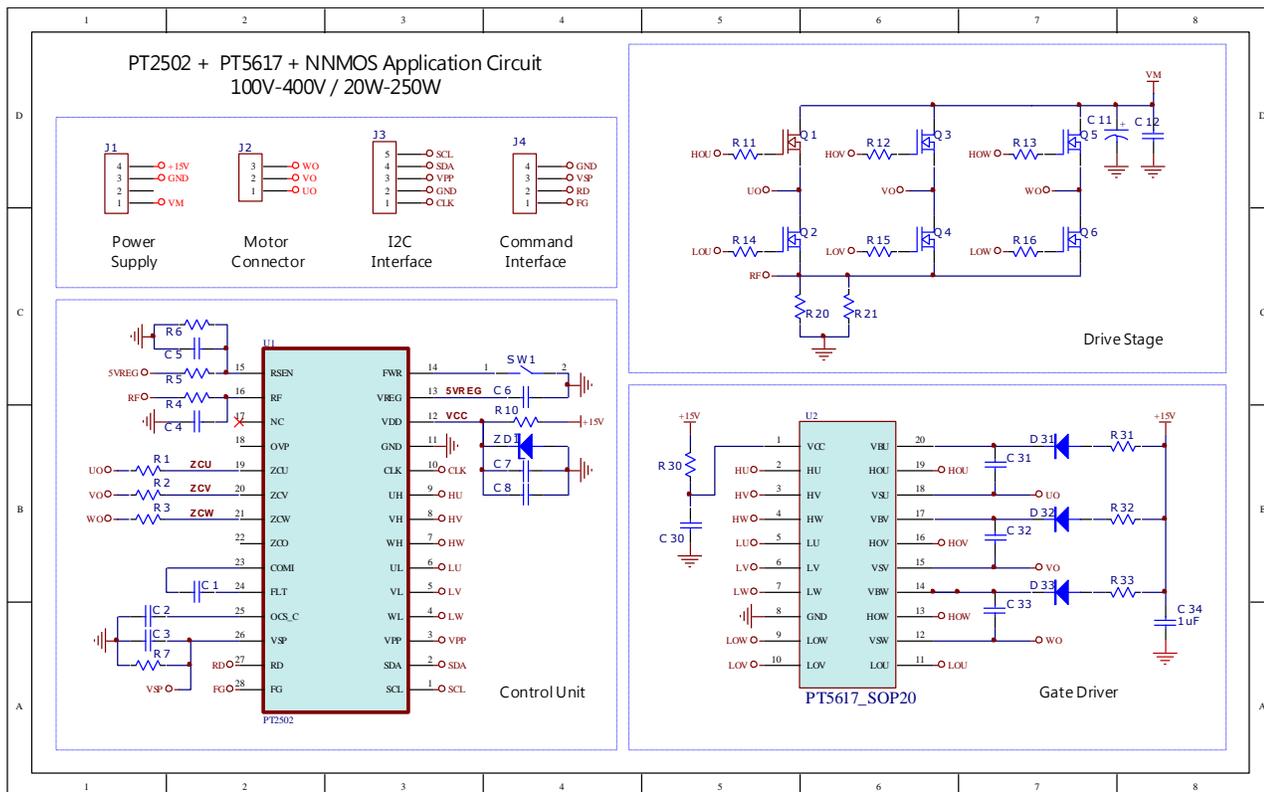
## 应用范例 ( 2 ) - 12V-24V / 20W-50W



### BOM of PT2502 + PMOS & NMOS for 24V

组件	外观尺寸	数值	说明	组件	外观尺寸	数值	说明
U1	SSOP28_150	PT2502		R1 · R2 · R3	0805	33K ~ 68K	
Q1 · Q3 · Q5	TO252	PMOS		R4	0805	10K	
Q2 · Q4 · Q6	TO252	NMOS		R5	0805	100K	
Q7 · Q8 · Q9	SOT23	NMOS ( 2N7002 )		R6	0805	NTC ( TBD )	
Q10 · Q11 · Q12	SOT23	NPN ( 3904 )		R7	0805	100K	
ZD1	D1206	ZD15V		R10	0805	100R ~2.2K	
C1	0805	100pF ~ 10nF		R11 · R12 · R13	0805	10K	
C2	0805	1nF		R14 · R15 · R16	0805	10K	
C3 · C4 · C5	0805	1nF ~ 100nF		R17 · R18 · R19	0805	1K	
C6	0805	1uF		R20 · R21	1812	0.22	
C7	0805	100nF / 25V					
C8	1206	1uF / 25V					
C10	1206	10uF / 25V ( NC )					
C11	DIP	100uF / 25V					

### 应用范例 ( 3 ) - 100V-400V / 20W-250W

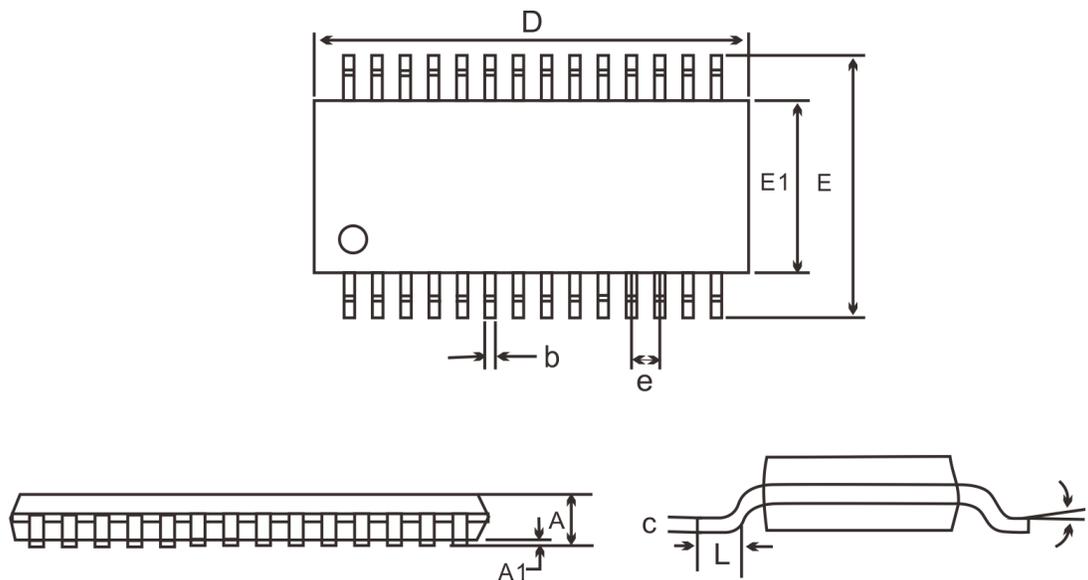


### BOM of PT2502 + PT5617 + NMOS for 400V

组件	外观尺寸	数值	说明	组件	外观尺寸	数值	说明
U1	SSOP28_150	PT2502		C31 · C32 · C33	1206	2.2uF / 25V	
Q1 ~ Q6	TO252	NMOS / 600V		C34	1206	1uF / 25V	
D31 · D32 · D33	1206	DHE1J		R1 · R2 · R3	0805	33K ~ 68K	
ZD1	D1206	ZD15V		R4	0805	10K	
C1	0805	100pF ~ 10nF		R5	0805	100K	
C2	0805	1nF		R6	0805	NTC ( TBD )	
C3 · C4 · C5	0805	1nF ~ 100nF		R7	0805	100K	
C6	0805	1uF		R10	0805	100R ~2.2K	
C7	0805	100nF / 25V		R11 ~ R16	0805	100	
C8	1206	1uF / 25V		R20 · R21	1812	2	
C10	1206	10uF / 25V ( NC )		R30	0805	100	
C11	DIP	100uF / 25V		R31 · R32 · R33	0805	100	
C30	1206	1uF / 25V					

# 封装信息

## 28 引脚 · SSOP 150MIL



符号	尺寸 (mm)		
	最小	普通	最大
A	1.35	-	1.75
A1	0.10	-	0.25
B	0.20	-	0.30
c	0.10	-	0.25
e	0.635 BSC		
D	9.80	9.90	10.00
E	5.80	6.20	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
L	0.40	-	1.27
θ	0°	-	8°

注意事项：

1. 参考 JEDEC MO-137 AF
2. 单位：mm

## **IMPORTANT NOTICE**

Princeton Technology Corporation (PTC) reserves the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and to discontinue any product without notice at any time. PTC cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a PTC product. No circuit patent licenses are implied.

Princeton Technology Corp.  
2F, 233-1, Baociao Road,  
Sindian Dist., New Taipei City 23145, Taiwan  
Tel: 886-2-66296288  
Fax: 886-2-29174598  
<http://www.princeton.com.tw/>