

说明

PT2513B 是一款整合的三相无传感器 BLDC 马达驱动芯片，具有进阶保护功能，包括软启动电路、热关断、堵转保护和输出电流限制。PT2513B 采用弦波电流控制来降低运转的电磁噪声，适合用于需要高效率的风扇马达驱动。在速度控制接口上，除开环控制外，也可透过设定达成闭环控制。PT2513B 采用 BCD 制程，使用上仅需单一 VDD 电源，其周边仅需几个零件。芯片封装为带底部散热的 HTSSOP20，可实现出色的能效，使其成为紧凑型、低成本、无传感器 BLDC 马达驱动的理想解决方案。

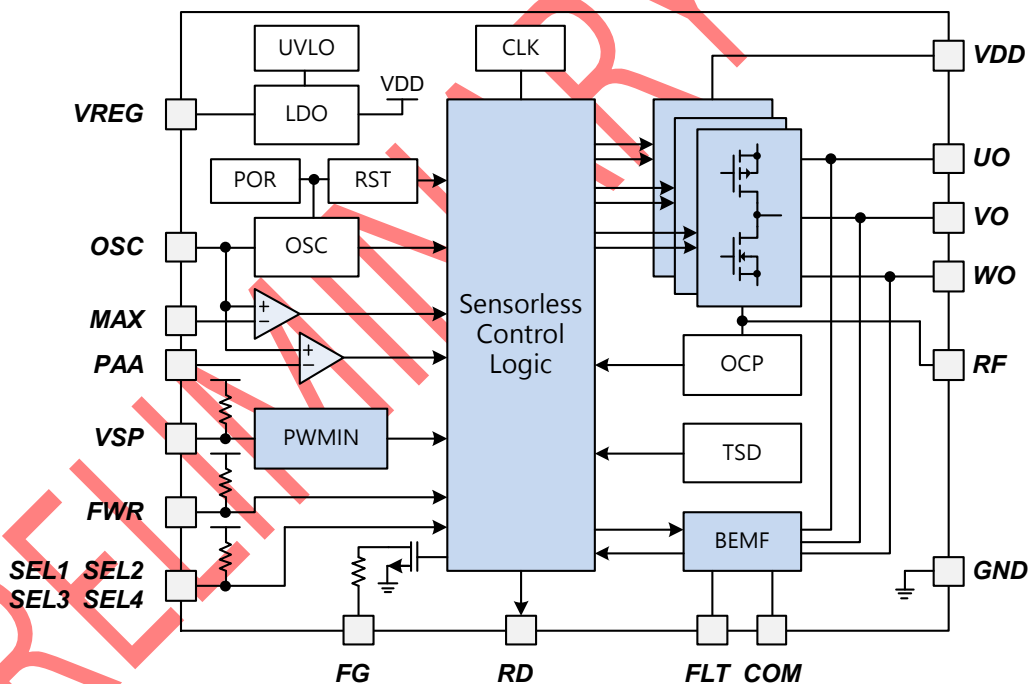
产品特色

- 6V ~ 16V 电压操作范围
- 180 度正弦波电流操作
- PWM 或 VSP (DC) 输入开环控制
- PWM、VSP (DC) 或 CLK 输入闭环控制
- 最大转速限制及角度补偿设定
- 堵转保护及过温保护功能
- 电流限制及过电流保护功能
- FG 或 1/2FG, 2/5FG, 4/5FG 转速讯号输出

应用

- 3 相无传感器 BLDC 马达驱动
- 小型风扇、水泵

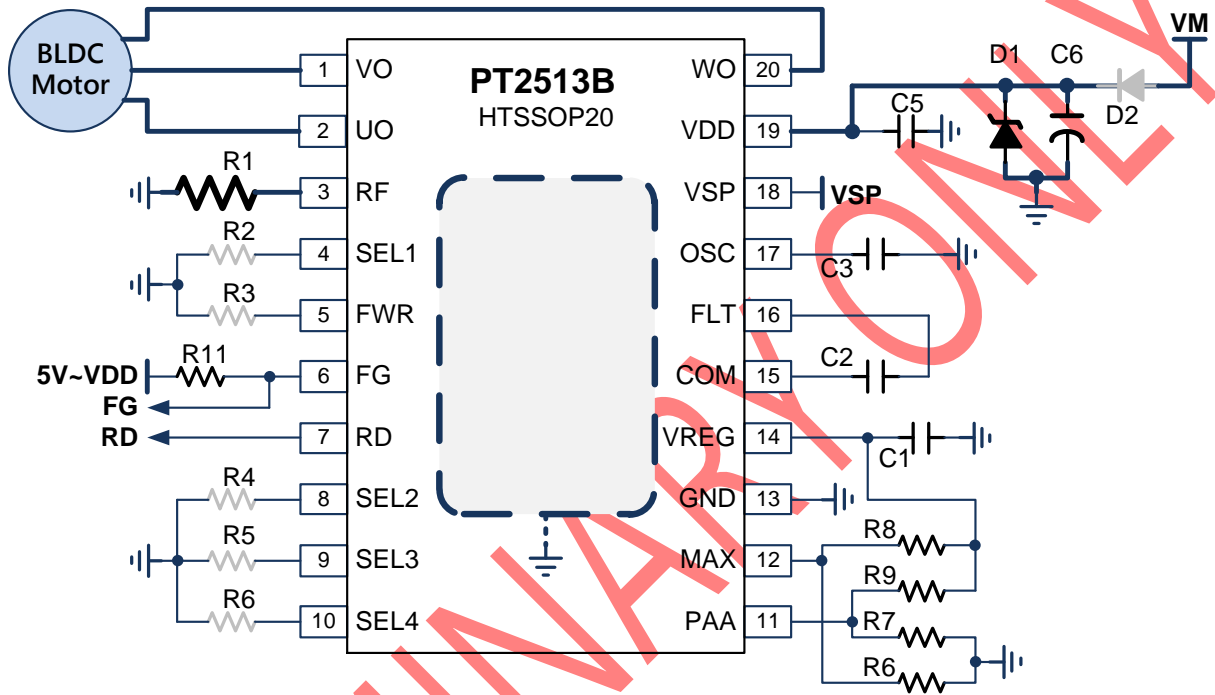
功能方块图



封装正印和订购信息

编号	封装	正印
PT2513B-HT	20-PIN, HTSSOP, 173MIL	PT2513B-HT

PT2513B 应用电路

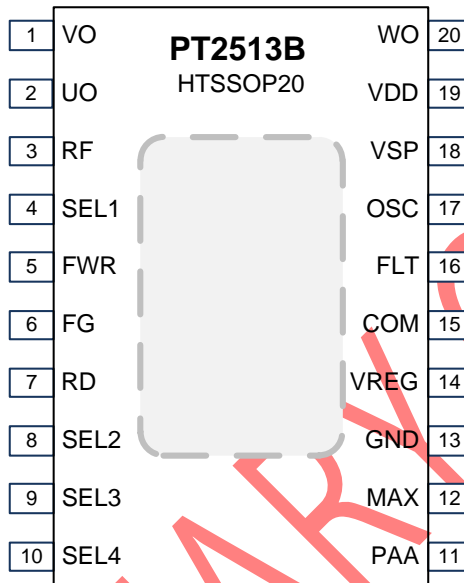


应用电路零件表

部件	值	单位	说明
R1	0.1 ~ 0.5	Ω	马达相电流限制参考位准电阻, 使用 1206 以上, 功率 > 1/4W, 如温升太高, 可采并联或加大规格
R2/R4/R5/R6	0~1000K/ NC	Ω	SEL 设定请参考脚位说明,
R3	0~10K/ NC	Ω	正反转设定, 不使用时可空接或对地短路
R6/R7/R8/R9	0~100K	Ω	MAX, PAA 设定请参考脚位说明, 建议 R6+R8 或 R7+R9 的电阻值介于 100KΩ~500KΩ, 亦可由外部输入电压设定
R11	10K	Ω	FG Open Drain 上拉电阻
C1	100n	F	VREG 稳压电容
C2	10p ~ 10n	F	ZC 侦测滤波电容
C3	10p ~ 10n	F	启动电容, 设定启动步伐与加减速
C5	~100n	F	电源端高频讯号(如 PWM 切换)滤波电容

C6	22u ~ 47u	F	电源端稳压电容, 使用 25V 以上耐压电解电容 稳压外, 亦可降低马达减速或堵转时异常电压弹跳
D1	15 ~ 18	V	Zener 二极管, 防止过高反电动势或电压突波
D2	50	V	防电源反接二极管, 视需求使用, 会消耗功率及发热

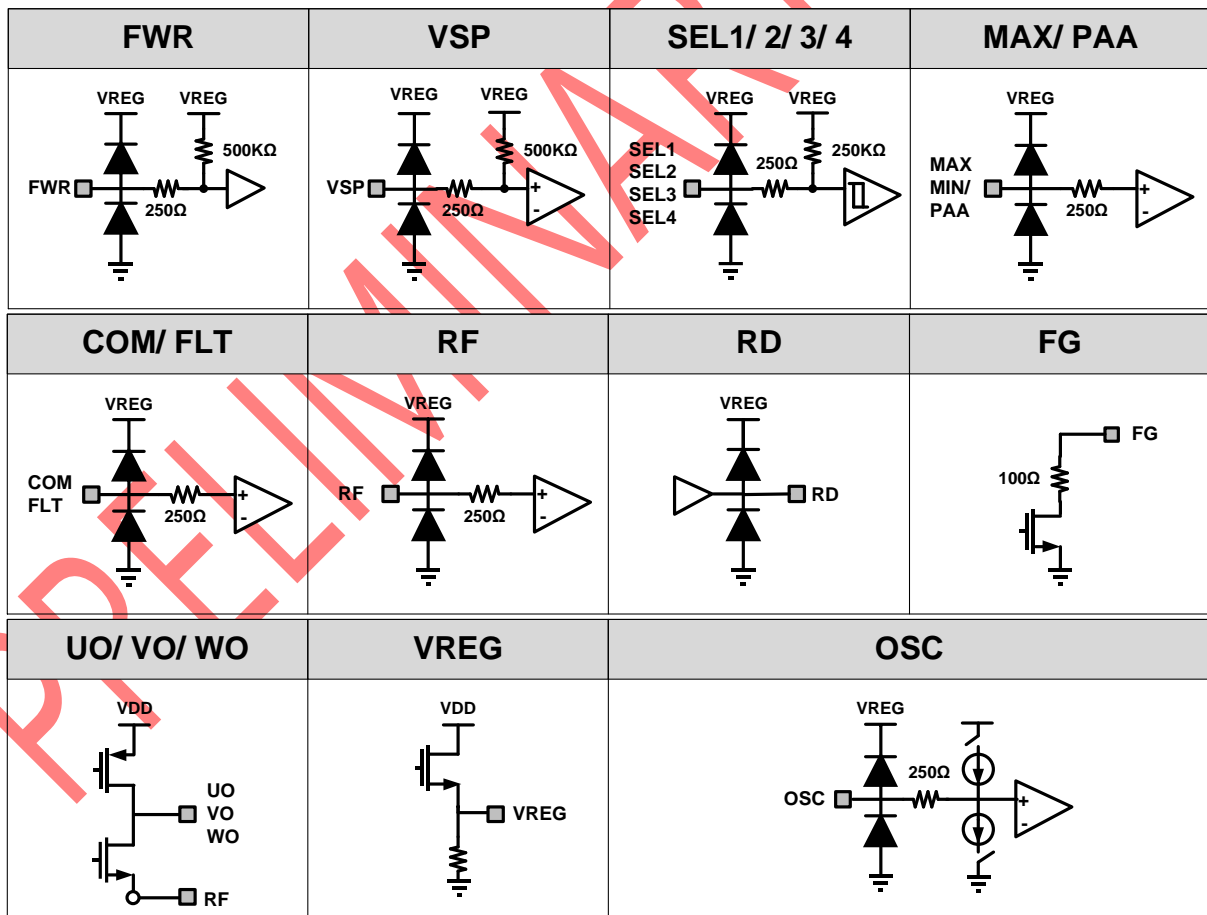
引脚名稱及說明



引脚名称	I/O	说明	引脚编号
			HTSSOP20
VO	O	V 相输出	1
UO	O	U 相输出	2
RF	O	U, V, W 三相下臂源极并联输出 · 连接外部电阻到地作为限电流或过电流侦测参考电位	3
SEL1	I	FG 输出及 ZC 侦测开口设定, 请参阅功能说明之 SEL 输入设定	4
FWR	I	正反转设定, 内部约 500KΩ上拉电阻	5
FG	O	FG 讯号输出; 开汲极架构(open drain) · 可经由 SEL 设定为一般输出或 1/2 FG 输出	6
RD	O	RD 讯号输出; 马达状态指示, 一般逻辑电位 · 正常运转为低电位 · 过流、堵转或过温保护时为高电位输出	7
SEL2	I	ZC 侦测开口(Hi-Z)宽度设定, 请参阅功能说明之 SEL 输入设定	8
SEL3	I	PWM 切换方式与最高转速设定, 请参阅功能说明之 SEL 输入设定	9
SEL4	I		10
PAA	I	角度补偿设定, 电位越高补偿值越大	11

MAX	I	定转速及最高转速(限制)设定·电位越高设定转速越高	12
GND	P	系统接地	13
VREG	IO	内置 5V 稳压器·外接稳压电容	14
COM	I	马达虚拟共接点·反电动势比较参考电位	15
FLT	I	反电动势讯号滤波器输入端	16
OSC	I	启动步伐与加速调整电容	17
VSP	I	控制命令输入·可接受 DC 或 PWM 及 CLK 讯号； 内部电阻上拉至 VREG, 空接时以最大值运转。	18
VDD	P	电源输入	19
WO	O	W 相输出	20
Heatsink	P	底部散热片	Backside heatplate

引脚等效电路



功能說明

电源

PT2513B 支持 VDD 电源电压范围从 6V 到 16V 的运行。VDD 为输出级 MOS 电源，并提供内部稳压器 VREG 输入电压。VREG 为模拟和数字电路提供 5V 电压。由于应用端负载为电感特性的马达线圈，因此当马达开始旋转时，可能会诱发大电流和电压突波，选用合适旁路电容并尽可能靠近 VDD 引脚。另外，外部增加较大容值的电解电容及 Zener 二极管的使用，将有助于抑制马达减速或堵转时产生过高的 BEMF 电压。

SEL 输入设定

SEL1/2/3/4 脚位可使用不同落地电阻来设定功能，SEL2/3/4 的 H, M, L 位准定义如下：

H=VREG (空接)；M=外部 250KΩ (220KΩ ~ 270KΩ落地)；L=GND (外部接地)

SEL1	开口方式	FG 分频
R=NC	单开口	FG
R=1MΩ	单开口	4/5FG
R=470K	单开口	2/5FG
R=250K	单开口	1/2FG
R=120K	六开口	2/5FG
R=51K	六开口	4/5FG
R=0	六开口	FG

SEL2	侦测开口(Hi-Z)
H	10.5°
M	10.5°
L	11.25°

SEL3/ SEL4	输出切换	闭环控制	其他
H/ H	弦波, 40KHz	开环/CLK 闭环	
M/ M	弦波, 40KHz	开环/CLK 闭环	
H/ L	弦波, 80KHz	开环/CLK 闭环	
L/ H	弦波, 80KHz	开环/CLK 闭环	
L/ L	弦波, 40KHz	VSP 闭环控制	
M/ H	弦波, 40KHz	开环/CLK 闭环	PT2513B 有 IPD 启动侦测
M/ L	方波, 20KHz	开环/CLK 闭环	
H/ M	方波, 20KHz	开环/CLK 闭环	VSP & PWM 无内部 缓升缓降处理
L/ M	方波, 20KHz	VSP 闭环控制	取消过电流、堵转、 过速保护功能

MAX 输入设定

PT2513B 利用 MAX 引脚设定马达最高转速，除了可当成速度闭环控制的最高转速参考点外，也是堵转保护时最高转速的参考转速。所以无论使用开环或是闭环控制，皆须设定 MAX。设定 MAX 可有 3 种方式：

第一种方式是由外部直接输入电压 MAXV 做设定。MAXV 有效范围是 0.3V ~ 3V，使用电压设定时，需介于范围内。低于 0.3V 将视为最小，无作用(马达无法成功转动)；超过 3V 将视为最高 MAXFG = 1024Hz。

第二种方式是由外部直接输入 PWM duty (MAXD) 设定。MAXD 设定时，高电位需要大于 3.3V,低电位需小于 0.3V。建议的 PWM 输入频率介于 1K 到 25KHz 之间。

第三种方式是由外部接到 VREG 与 GND 的电阻分压得到 MAXV。建议分压电阻的阻值和介于 100KΩ到 500KΩ间，避免太低造成功率耗损或太高容易受到干扰。

MAXV 有效范围是 0.3V ~ 3V，使用电压设定时，需介于范围内。低于 0.3V 将视为无作用(马达无法成功转动)；超过 3V 将视为最高 MAXFG = 1024Hz。MAXV 输入电压与最高转速 MAXFG 的对应关系如下：

$$\text{MAXFG} = (\text{MAXV} - 0.3)^2 * 140 \text{ (Hz)}$$

$$\text{或是 } \text{MAXV} = (\text{MAXFG} / 140)^{1/2} + 0.3 \text{ (V)} \quad ; \text{MAXFG : 单位 Hz, 最高速控频率}$$

使用电压来设定转速范围与目标转速，速度控制的误差会比用 CLK 来的大。另外，马达的实际转速会因级数不同，下表为不同 MAX 设定时，对应不同极数马达的最高转速数值 (RPM)，可依需求设定较适合的范围。

MAXV	MAXD	MAXFG	Motor Poles						
			2P	4P	6P	8P	10P	12P	14P
(V)	Duty	(Hz)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)	(rpm)
3	100%	1024	61,440	30,720	20,480	15,360	12,288	10,240	8,777
2.9	96%	950	56,973	28,487	18,991	14,243	11,395	9,496	8,139
2.8	93%	878	52,675	26,337	17,558	13,169	10,535	8,779	7,525
2.5	81%	680	40,791	20,396	13,597	10,198	8,158	6,799	5,827
2	63%	406	24,357	12,178	8,119	6,089	4,871	4,059	3,480
1.5	44%	202	12,136	6,068	4,045	3,034	2,427	2,023	1,734
1	26%	69	4,130	2,065	1,377	1,032	826	688	590
0.5	7%	6	337	169	112	84	67	56	48
0.4	4%	1	84	42	28	21	17	14	12
0.3	0%	0	-	-	-	-	-	-	-

PAA 输入设定

PT2513B 提供 PAA 作为进角补偿调整，可针对目标转速调整较佳的效率点。PAA 的设定方式可由外部接到 VREG 与 GND 的电阻分压得到 PAAV。PAAV 有效整范围是 0.3V ~ 3.0V，PAA 电压越高则提前换相的时间越大。计算方式如下：

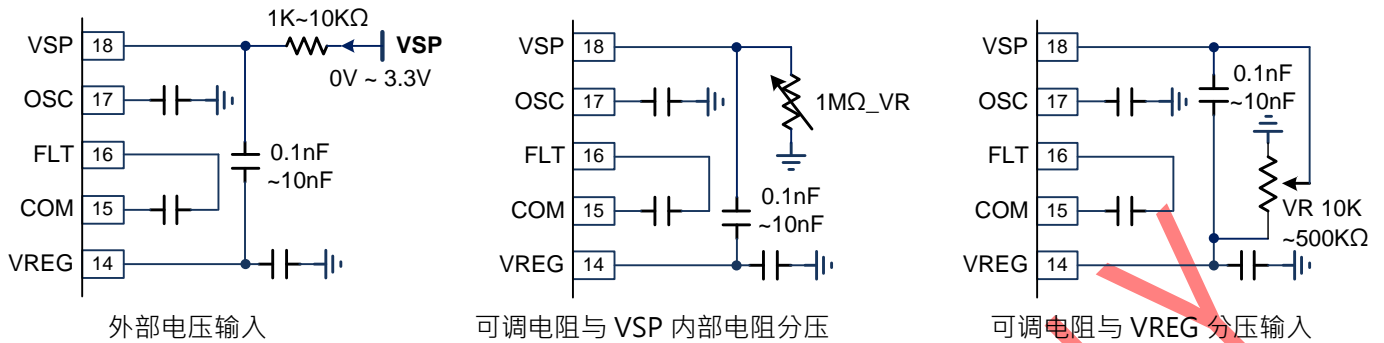
$$\text{PAA} = 300 * (\text{PAAV} - 0.3) + 20 \text{ (us)} ; \text{PAA 单位为 us}$$

VSP 输入控制

PT2513B 可接受 VSP 引脚由外部输入直流电压或 PWM 讯号来调整马达转速。使用 PWM 输入时，高电位需要大于 3.3V，低电位需小于 0.3V。建议的 PWM 输入频率介于 5K 到 50KHz 之间。使用模拟直流电压输入时，电压控制范围应在 0.3V 到 3.3V 之间。当 VSP 引脚空接时，内部拉到高电位，马达以 100% PWM 占空比的全速运行。

使用 VSP(DC 电压)输入控制时，可以有三种方式：第一种方式是外部的 0V ~ 3.3V 的电压直接输入 VSP。第二种方式是使用外部落地的可调电阻与 VSP 脚位 500KΩ的上拉电阻分压。第三种方式是使用外部的可调电阻采用 VREG 与 GND 分压产生 0V ~ 3.3V 的电压输入 VSP。使用 VSP (DC 电压)输入时，滤波电容请接到 VREG，避免启动时跳到

PWM 或 CLK 模式。下面是建议的电路。



PT2513B 除使用 VSP 或 PWM 作开环控制外，也可执行速度闭环控制，有以下两个方式。

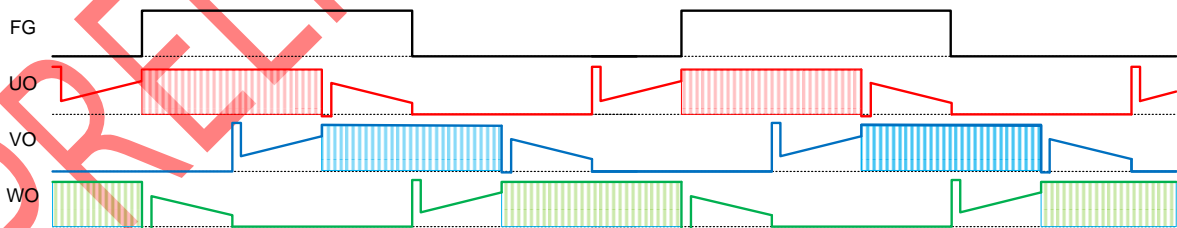
第一是使用 CLK 输入，当 VSP 输入频率介于 10Hz 到 3KHz 时，PT2513B 会自动执行速度闭环控制，U 相换相频率同输入的 CLK 频率，可控范围为 10Hz 到 1KHz。此种方式可达到较精准的转速控制。

第二种方式是 SEL3/SEL4 设定为闭环控制，利用 MAX 脚位电阻分压设定最高转速，此时可使用 VSP 或 PWM 在最高转速的范围内 (0.3V~3V, 或 PWM 5%~100%) 作速度闭环控制。最高可设定的转速为 1024Hz。

因 VSP 脚位为 DC, PWM, CLK 共同使用，所以当使用 PWM 或是 CLK 输入时，停止时必须保持 VSP 为低电压 (< 0.3V)，否则会被误判为 VSP DC 输入。使用 VSP DC 输入时也需要避免过大的电压弹跳，以免误判为 PWM 或 CLK 输入。

启动

无传感器控制最困难的部分是启动过程，因为转子位置未知且 BEMF 信号微弱或无法检测到。PT2513B 的启动方法是初始对准和渐进控制电压的增加（或 PWM 占空比的增加），以实现电动机的激磁和旋转。初始对齐可能会导致转子在启动时随机向前或向后旋转一个电气周期。ZC 信号不清楚会导致电动机启动失败，如果电动机在一定时间内没有成功启动，则 PT2513B 将进入锁定保护模式，并在一段时间后重新启动。PT2513B 启动过程中是采用方波 PWM 控制方式，此时有较大的 BEMF 侦测区间，降低启动失败的机率，如下图所示。



启动过程采用 120° 方波 PWM 控制方式

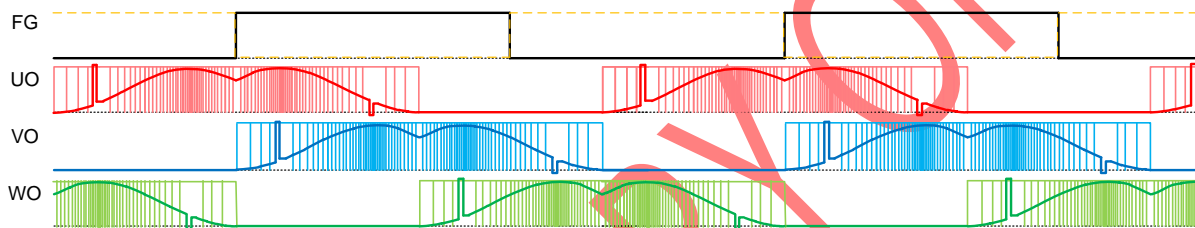
为了适应不同电动机的负载要求，可调整 OSC 引脚的启动电容，使电动机平稳启动。OSC 电容值的范围约 10pF~10nF。较轻和较快的电动机通常需要较小的电容值，较重和较慢的电动机通常需要较大的电容值。

无感弦波控制

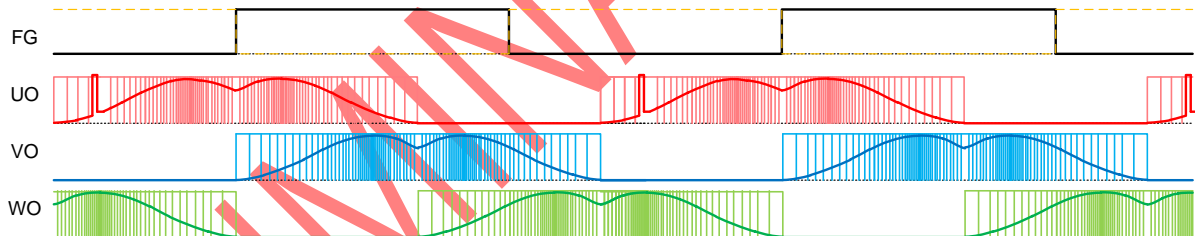
PT2513B 控制方案基于无传感器的正弦电流波形。无传感器控制的反馈主要通过测量电机导线的感应电动势(BEMF)来实现。利用 U 相在换向间隔开始时打开一个狭窄的窗口以检测过零信号，从而实现了无传感器控制。

PT2513B 通过使用内部分压电阻器将 UVW 相电压降低到 5V 以下，经由仿真电路处理并生成 ZC 信号来进行换相检测。由于不同电机、工作电压、或负载等因素会影响 ZC 讯号，需要调整外部 ZC 滤波器电容来达成最佳运转。“COM”和“FLT”之间的电容值的范围约 10pF 至 10nF。

PT2513B 采用 180°换相和正弦 PWM 控制，有助于降低可听见的电流噪声。一般在运转时，PT2513B 是利用 U 相开一个(Hi-Z)窗口来检测 BEMF，此时运转的噪音最小。但当系统噪声过大或马达的 BEMF 信号太弱时，会影响 ZC 信号的准确性，可能导致控制失败。有两个选项可以增强 BEMF 检测能力。第一种方式是使用六个 Hi-Z 窗口来检测 BEMF 信号。另一种方式是设定较大开口角度，这两种设定方式缺点是相电流失真会更高。在 PWM<20%时或是加减速区间，因 BEMF 较小或变化较剧烈，此时也会强制采用六个 Hi-Z 窗口的 PWM 控制方式。



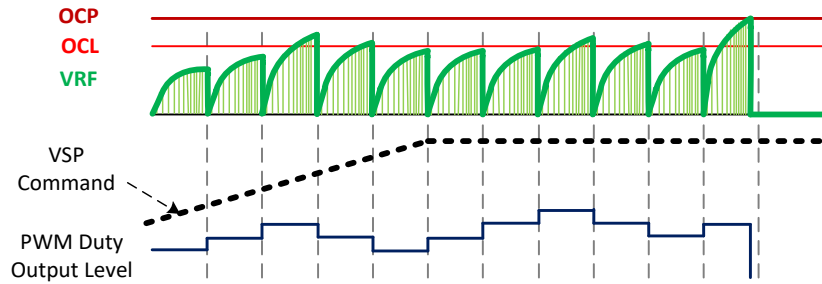
SEL1=low 或 PWM<20%及加减速过程时，采用六个 Hi-Z 窗口来侦测 BEMF



SEL1≠low 或 PWM>20%正常运转时，采用 U 相一个 Hi-Z 窗口来侦测 BEMF

电流限制(OCL)与过电流保护(OCP)

PT2513B 检测流过电机线圈的总电流，通过外接电阻 RF 采集，实现过流限制 (OCL) 和过流保护 (OCP) 功能。流经 RF 电阻的电流为线圈的峰值电流，非直流母线的平均电流值。此时 OCL/ OCP 反应较快，当 OCL 触发时，较接近固定功耗，此时电压提高，供应电流会降低，功耗变化较小。不同马达应用时，线圈电流与线圈阻抗、反电动式及负载等都有相关，所以 RF 电阻选择上须根据实际应用做调整。在 RF 电阻选择上，可用 $RF = 0.3V / I_{RF}$ 作为初始值，再依据实际量测调整 RC 电路与 RF 电阻。



OCL/ OCP 发生时, PWM duty 输出的处理方式

PT2513B 内置两个比较器，OCL 为 0.3V，OCP 为 0.5V。当 VRF 电压超过 OCL 时，PWM 占空比将在下一个换向周期减少 1/512。如果仍然超过 OCL，PWM 占空比将继续降低。相反，如果不超过 OCL，实际输出将加速到命令目标的 PWM 占空比。当 VRF 电压超过 OCP 时，程序判断为异常，系统立即停止输出，进入锁定保护模式。

电流限制保护有两个情况不作用。第一是启动 PWM 占空比尚未达到 14%时，为避免电流限制影响启动。第二是减速阶段，当马达负载惯性较重及减速时间较短时，虽然 PWM 占空比会逐步降低，但有可能因惯性导致 BEMF 电压回升，进而让电流超过预定的限制数值。

堵转保护(Lock on Protection)

PT2513B 具有四个条件使得控制算法进入锁定保护模式。第一，当电动机处于启动阶段时，控制器无法确定任何正确的换相讯号。第二，电机成功启动并处于运行模式时，但是 ZC 信号突然变化太大(前后相差 +/- 25%)。第三，当电机转速超过设定值时，PT2513B 依照 MAX 的设定(最高转速 x 1.5 倍)。第四是当电机电流过大触发 OCP 电位时。此时电机立即停止并关闭输出驱动器级。几秒钟后，控制算法将尝试重新启动电机。如果电机成功启动，将继续正常运行。但是，如果电机仍然无法启动，则控制算法将返回到堵转保护模式，并在几秒钟后再次尝试重新启动电机。

过温保护(OTP)

PT2513B 内置温度检测电路。当内部温度超过 150°C 时，PT2513B 将关闭输出驱动器级。当内部温度降至 120°C 以下，PT2513B 将再次重启并正常运行。

FG 输出与设定

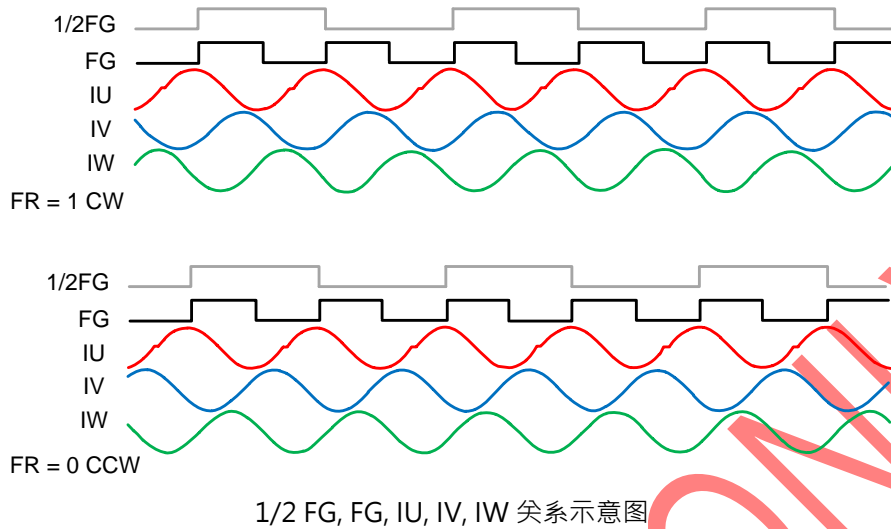
PT2513B 提供 FG 输出以监控电机转速。当转子运行一个 (电气) 周期时，FG 引脚将输出一个高和一个低电平。在计算转速时需要知道转子极数。例如，如果转子有 8 极 (四对 NS)，则电机的一个周期将产生 4 个 FG 输出。一般电机转速以 RPM (每分钟转数) 为单位，转速(RPM)与 FG 频率 (Hz)换算公式如下：

$$\text{RPM} = \text{FG} \times 120 / \text{POLE},$$

其中 FG 是频率，单位为 Hz；POLE 电机转子的级数(N,S 分别各为一个磁极)。

PT2513B 当 PWM 开始输出时，有侦测到 BEMF 讯号，即会开始输出 FG。PWM 停止输出时，无论马达是否转动，FG 会停止输出。FG 触发的位置约落后 U 相换相点 90 度，起始点可能为上升缘或下降缘。FG 输出引脚是开汲极架构(open drain)，最高上拉电源可到 VDD。另外，PT2513B 也提供 1/2FG, 2/5FG, 4/5FG 频率输出，请参考 SEL1

设定。



正反转设定

可以通过 FWR 引脚将 PT2513B 设置为正向或反向模式。如果在运转期间更改了 FWR 模式，则控制器将会煞车让马达停转，然后再以相反的方向启动旋转。FWR 引脚内部有上拉电阻，当不需要正反转切换时，可以保持空接。因为 PT2513B 是 Sensorless 控制方式，正反转的设定也可透过马达接线对换来改变方向。

COM 和 FLT 引脚之间的电容值选择

PT2513B 是透过比较马达旋转产生的反电动势和虚拟的中点电压产生 ZC 讯号，来检测马达位置。然而，马达启动时或旋转引起的噪声可能会干扰过零信号的准确性，这可能导致在启动时失败或影响转动稳定性。在 COM 和 FLT 引脚之间的电容器有助于减轻噪声干扰。推荐电容值的范围是 0.1nF 至 10nF。另外，使用滤波电路时，对于换相信号 ZC 会造成延迟。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。因 FLT_C= 1nF 时，适合马达最高转 FG 约在 100Hz 左右的应用。其他不同最高转速的应用，可等比于此数值作为初步设定，再进行微调，达成较稳定与效率较佳的效果。通常较高转速马达频率较高，可选择较小的 FLT 电容，反之亦然。而 FLT 电容初步的选择可以与 OSC 电容相同，再依所需的效果进行微调。

OSC 引脚的电容值选择

OSC 为 PT2513B 所有可变调整步伐或是时间的相对基准，包含启动步伐，加减速时间皆是。当 OSC_C= 1nF 时，OSC~1KHz，此时也适合马达最高转时 FG 约在 100Hz 左右的应用。其他不同最高转速的应用，可等比于 OSC_C=1nF，FG=100Hz 作为初步设定的数值，再进行微调，达成较顺畅的启动效果。通常较高转速或需要启动较快的应用选择较小的 OSC 电容，反之亦然。

绝对最大额定值

参数	符号	条件	最大	单位
VDD 电源电压	VDDmax	PT2513B No break down	20	V
输出引脚电流 ⁽¹⁾	Iout,max	PT2513B UO, VO, WO pins	1.0	A
输入引脚承受电压	Vin,max	VSP, FR, SELx, MIN, MAX	6	V
消耗功率 1	Pd,max1	單獨 IC 本體	0.3	W
消耗功率 2	Pd,max2	IC 組裝於測試板上 ⁽²⁾	1.2	W
工作温度	Topr	Junction temp. < 150°C	-40 to +105	°C
储存温度	Tstg	-	-40 to +150	°C

Notes: 1. 500ms 的测试时间并安装在具有散热片的指定区域

2. 装在有散热片的板上.

电气特性

(标准条件 VDD = 12V, T = 25°C)

参数	符号	条件	最小	典型	最大	单位
VDD 电源电压	VDD	PT2513B	6.0	-	16	V
电源静态电流	IDD	PWM pin = VREG, no load	-	5.0	7.0	mA
MOS 功率晶体管电阻	Rdson	Io = 500mA (H+L)	-	1.0	-	Ω
MOS 输出切换频率	Fmos	U, V, W output	30	40	160	KHz
OSC 引脚充放电电流	Iosc	OSC pin	-	5.6	-	μA
VREG 引脚电压	Vreg	No load	4.5	5	5.5	V
VSP DC 直流控制 ^(Note)	DCvsp	VSP input	0.3	-	3.2	V
VSP PWM 频率	Fpwm	VSP input	1	-	25	KHz
VSP PWM 高电平输入	Vpwmh	VSP input , PWM voltage rising	3.3	-	5	V
VSP PWM 低电平输入	Vpwml	VSP input PWM voltage falling	0	-	0.3	V
FG 输出低电平	Vfgl	IFG=1mA	-	0.125	-	V
FG 输出漏电流	Ifgl	VFG=20V	-	-	10	μA
逻辑输入上拉电流	Isource	FWR, SELx, pins	-	25	-	μA
SELx 输入高电平	Vselh	SELx, pins	3.8V	-	VREG	V
SELx 输入中电平	Vselm	SELx, pins	2.0	1/2 VREG	3.0	V
SELx 输入低电平	Vsell	SELx, pins	0	-	0.5	V
过电流限制参考电压(OCL)	Vocl	RF pin	0.25	0.3	0.35	V
过电流异常参考电压(OCP)	Vocp	RF pin	-	0.5	-	V
堵转保护释放时间	Tlock	OSC cap = 100pF	-	3.0	-	S

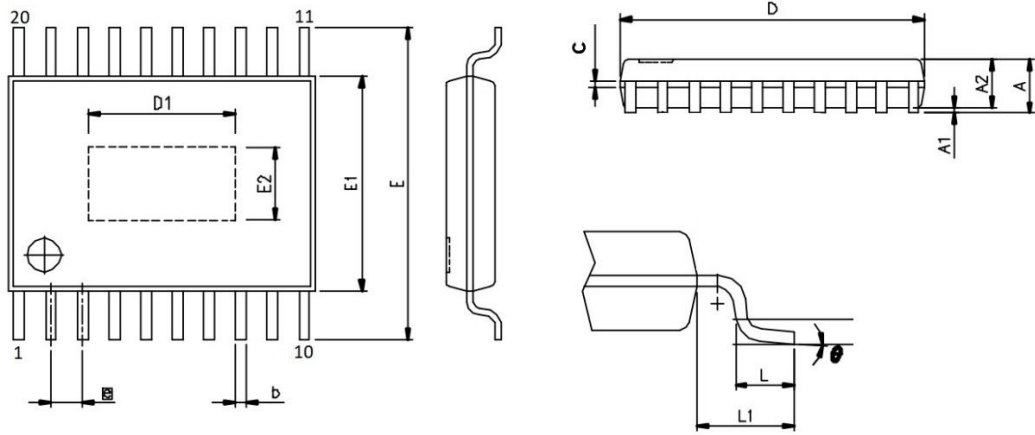
过温保护触发	Tshdn	Design target	-	150	-	°C
过温保护释放	Trel	Design target	-	120	-	°C

Note : PWM 输入时, 最小可启动 PWM duty = 3%, VSP(DC)输入时, 最小可启动电压约 0.5V · PWM/VSP 过小时, 有可能启动失败

PRELIMINARY ONLY

封装信息

20 PINS, HTSSOP



符号	尺寸(mm)		
	最小	典型	最大
A	-	-	1.20
A1	0.05	-	0.15
A2	0.80	1.00	1.05
b	0.19	-	0.30
c	0.09	-	0.20
e	0.65 BSC		
e	0.65 BSC		
D	6.4	6.50	6.60
D1	3.79	3.99	4.35
E	6.4BSC		
E1	4.30	4.40	4.50
E2	2.60	2.80	3.15
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
θ	0°	-	8°

Notes: 参考 JEDEC MO-153 ACT

重要通知

普诚科技股份有限公司 (PTC) 保留随时更正、修改、补充、改进和其它改变其产品、并停止任何产品、恕不另行通知于任何时间的权利。PTC 可以不承担使用比电路完全体现在 PTC 产品以外的任何电路的责任。也不提供其专利许可。

普诚科技股份有限公司

2F · 233-1 号 · 宝侨路 · 新店区 · 新北市 23145 · 台湾

联系电话：886-2-66296288

传真：886-2-29174598

<http://www.princeton.com.tw>

PRELIMINARY ONLY