

# 译文

## TC78B041FNG/TC78B042FTG

本资料是为了参考的目的由原始文档翻译而来。

使用本资料时，请务必以原始文档及其关联的最新东芝信息为准，并遵守该等原始文档和东芝信息。

原本：“TC78B041FNG/TC78B042FTG” 2019-4-12

翻译日：2019-4-12

TOSHIBA CDMOS 集成电路硅单片

# TC78B041FNG/TC78B042FTG

正弦波 PWM 驱动

3-相全波无刷电机控制器

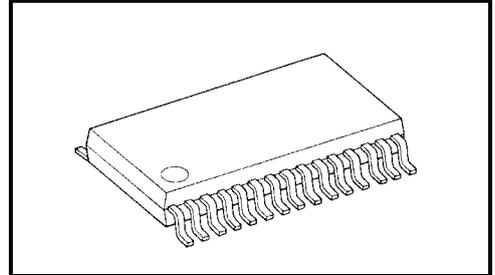
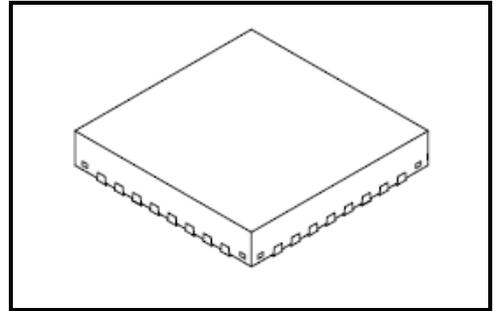
TC78B041FNG 和 TC78B042FTG 设计用于三相无刷直流风扇电机。

TC78B041FNG 采用 SSOP30 型封装。

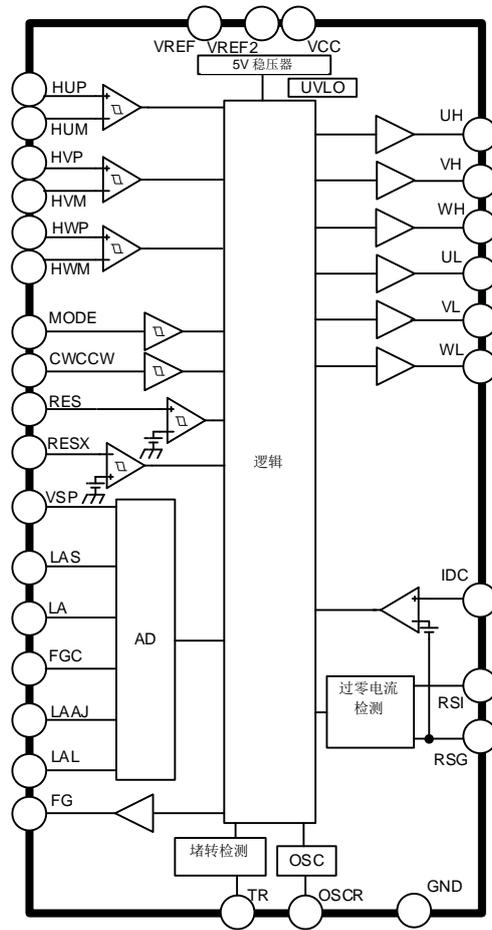
TC78B042FTG 采用 QFN32 型封装，增加了 RESX 引脚和 VREF2 引脚。

## 特点

- 正弦波 PWM 控制
- 自动智能超前角控制 (InPAC: 智能相位控制)
- 带外部输入的超前角控制输入
- 霍尔传感器输入/霍尔 IC 输入
- 正向旋转/反向旋转开关
- 可选择旋转脉冲信号输出的脉冲数。
- 可限制输出电流。
- 内置稳压电路 (VREF= 5 V (典型值), 35 mA (最大值))
- 工作电源电压范围: VCC = 6 ~ 16.5 V
- 内置电机堵转检测

SSOP30-P-300-0.65  
重量: 0.18 g (典型值)P-VQFN32-0505-0.50-005  
重量: 0.06 g (典型值)

### 方块图

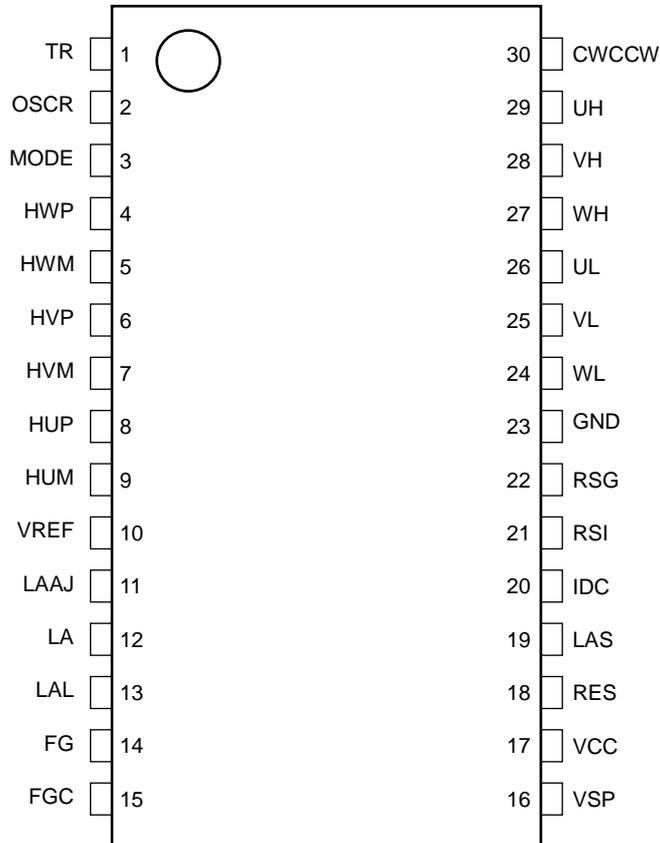


出于解释目的，可能忽略或简化部分功能块，电路或常数。

注：RESX 引脚和 VREF2 引脚仅用于 TC78B042FTG。

### 引脚分配: TC78B041FNG (SSOP30)

<顶视图>

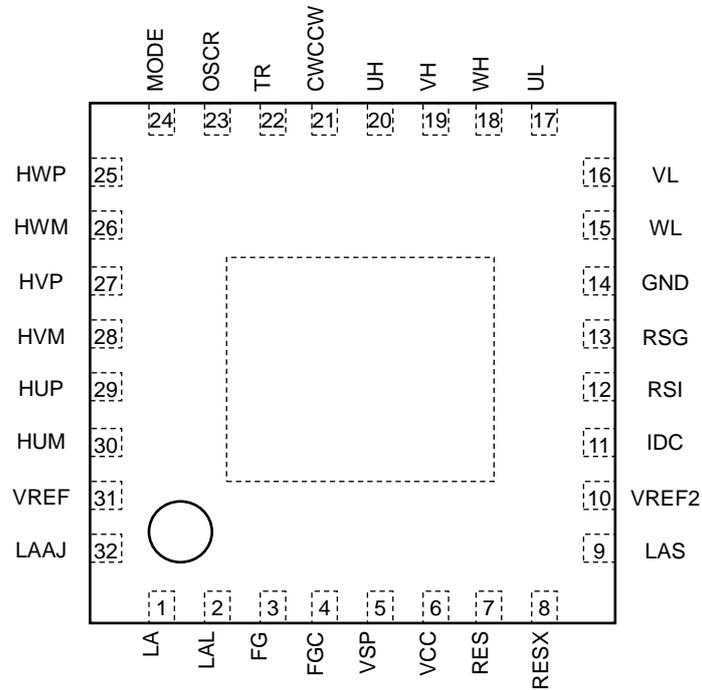


## 引脚描述: TC78B041FNG (SSOP30)

| 引脚编号 | 引脚符号  | 描述                   |
|------|-------|----------------------|
| 1    | TR    | 设置电机堵转检测             |
| 2    | OSCR  | 设置内部振荡频率             |
| 3    | MODE  | 选择 VSP 设置的输入引脚       |
| 4    | HWP   | W-相霍尔信号输入(+)         |
| 5    | HWM   | W-相霍尔信号输入(-)         |
| 6    | HVP   | V-相霍尔信号输入(+)         |
| 7    | HVM   | V-相霍尔信号输入(-)         |
| 8    | HUP   | U-相霍尔信号输入(+)         |
| 9    | HUM   | U-相霍尔信号输入(-)         |
| 10   | VREF  | 5V 基准电压输出引脚          |
| 11   | LAAJ  | 调节自动超前角的输入引脚         |
| 12   | LA    | 设置超前角的输入引脚           |
| 13   | LAL   | 设置 VSP 超前角限值的输入引脚    |
| 14   | FG    | 旋转脉冲输出引脚             |
| 15   | FGC   | 选择 FG 引脚设置的输入引脚      |
| 16   | VSP   | 转速控制电压输入引脚           |
| 17   | VCC   | 电源电压引脚               |
| 18   | RES   | 错误检测输入引脚 (正极)        |
| 19   | LAS   | 输入引脚选择: 正弦波生成, 超前角功能 |
| 20   | IDC   | 限制输出电流的输入引脚          |
| 21   | RSI   | 检测自动超前角的输入引脚         |
| 22   | RSG   | 检测自动超前角的基准引脚         |
| 23   | GND   | 地引脚                  |
| 24   | WL    | W-相输出引脚 (低侧换向信号)     |
| 25   | VL    | V-相输出引脚 (低侧换向信号)     |
| 26   | UL    | U-相输出引脚 (低侧换向信号)     |
| 27   | WH    | W-相输出引脚 (高侧换向信号)     |
| 28   | VH    | V-相输出引脚 (高侧换向信号)     |
| 29   | UH    | U-相输出引脚 (高侧换向信号)     |
| 30   | CWCCW | 控制正向/反向旋转的输入引脚       |

### 引脚分配: TC78B042FTG (QFN32)

<顶视图>



应将背面的外露金属部分（E-PAD: 尺寸 3.3 mm×3.3 mm）与 GND 连接，因为它与内部芯片的背面电气连接。

## 引脚描述: TC78B042FTG (QFN32)

| 引脚编号 | 引脚符号  | 描述                   |
|------|-------|----------------------|
| 1    | LA    | 设置超前角的输入引脚           |
| 2    | LAL   | 设置 VSP 超前角限值的输入引脚    |
| 3    | FG    | 旋转脉冲输出引脚             |
| 4    | FGC   | 选择 FG 引脚设置的输入引脚      |
| 5    | VSP   | 转速控制电压输入引脚           |
| 6    | VCC   | 电源电压引脚               |
| 7    | RES   | 错误检测输入引脚 (正极)        |
| 8    | RESX  | 错误检测输入引脚 (负极)        |
| 9    | LAS   | 输入引脚选择: 正弦波生成, 超前角功能 |
| 10   | VREF2 | 5V 基准电压输出引脚 2        |
| 11   | IDC   | 限制输出电流的输入引脚          |
| 12   | RSI   | 检测自动超前角的输入引脚         |
| 13   | RSG   | 检测自动超前角的基准引脚         |
| 14   | GND   | 地引脚                  |
| 15   | WL    | W-相输出引脚 (低侧换向信号)     |
| 16   | VL    | V-相输出引脚 (低侧换向信号)     |
| 17   | UL    | U-相输出引脚 (低侧换向信号)     |
| 18   | WH    | W-相输出引脚 (高侧换向信号)     |
| 19   | VH    | V-相输出引脚 (高侧换向信号)     |
| 20   | UH    | U-相输出引脚 (高侧换向信号)     |
| 21   | CWCCW | 控制正向/反向旋转的输入引脚       |
| 22   | TR    | 设置电机堵转检测             |
| 23   | OSCR  | 设置内部振荡频率             |
| 24   | MODE  | 选择 VSP 设置的输入引脚       |
| 25   | HWP   | W-相霍尔信号输入(+)         |
| 26   | HWM   | W-相霍尔信号输入(-)         |
| 27   | HVP   | V-相霍尔信号输入(+)         |
| 28   | HVM   | V-相霍尔信号输入(-)         |
| 29   | HUP   | U-相霍尔信号输入(+)         |
| 30   | HUM   | U-相霍尔信号输入(-)         |
| 31   | VREF  | 5V 基准电压输出引脚          |
| 32   | LAAJ  | 调节自动超前角的输入引脚         |

### I/O 等效电路

出于解释目的，可能简化等效电路图或忽略其中的一部分。

| 引脚描述                     | 引脚符号                                   | I/O信号   | I/O内部电路   |
|--------------------------|--|---|---|
| 霍尔信号输入                   | HUP<br>HUM<br>HVP<br>HVM<br>HWP<br>HWM | 数字滤波器 $18/f_{osc} = 2 \mu s$ (典型值)  | <p>The diagram shows four VREF inputs connected to a digital filter circuit, which is then connected to an operational amplifier.</p> |
| 速度控制电压输入                 | VSP                                    | 模拟电压输入<br>输入范围: 0 到 10V   | <p>The diagram shows a VREF input connected to a 150k resistor, which is then connected to an operational amplifier.</p>              |
| 内部振荡频率设置                 | OSCR                                   | 连接电阻设置内部振荡频率<br>当 $R = 22 \text{ k}\Omega$ , $f_{osc} = 9.22 \text{ MHz}$ (典型值) 时 | <p>The diagram shows a 1.2V source connected to a resistor, which is then connected to a VREF input.</p>                              |
| 换向信号输出<br>旋转脉冲输出         | UH<br>VH<br>WH<br>UL<br>VL<br>WL<br>FG | 推挽输出 ( $\pm 2 \text{ mA}$ (最大值))  | <p>The diagram shows two VREF inputs connected to a push-pull output stage.</p>   |
| 5V 基准电压输出<br>5V 基准电压输出 2 | VREF<br>VREF2<br>(Note)                | VREF: 5 V (典型值) (35 mA (最大值))<br>VREF2: 5 V (典型值) (3 mA (最大值))                    | <p>The diagram shows a VCC input connected to a resistor, which is then connected to VREF and VREF2 outputs.</p>                      |

| 引脚描述              | 引脚符号           | I/O信号  | I/O内部电路 |
|-------------------|----------------|--|---------|
| 正向/反向控制输入         | CWCCW          | 数字滤波器 $18/f_{osc} = 2 \mu s$ (典型值)<br>H:反向 (CCW)<br>L/Open: 正向 (CW)            |         |
| VSP 设置选择输入        | MODE           | 数字滤波器 $18/f_{osc} = 2 \mu s$ (典型值)<br>H:VSP 输入 (B 模式)<br>L/Open: VSP 输入 (A 模式) |         |
| 错误检测正输入           | RES            | 数字滤波器 $18/f_{osc} = 2 \mu s$ (典型值)<br>H/Open: 操作<br>L: 停止 (转向信号输出: 低))         |         |
| 错误检测负输入           | RESX<br>(Note) | 数字滤波器 $18/f_{osc} = 2 \mu s$ (典型值)<br>H: 停止 (转向信号输出: 低)<br>L/OPEN: 操作          |         |
| 选择 FG 引脚设置输入      | FGC            | 10 级选择输入<br>使用时一定要输入电压。  |         |
| 超前角设置输入           | LA             | 32 级选择输入<br>使用时一定要输入电压。  |         |
| 选择输入: 正弦波生成和超前角功能 | LAS            | 4 级选择输入<br>使用时一定要输入电压。   |         |

| 引脚描述                   | 引脚符号       | I/O信号  | I/O内部电路 |
|------------------------|------------|--|---------|
| VSP 超前角输入限制            | LAL        | 16 级选择输入<br>使用时一定要输入电压。  |         |
| 自动超前角调节输入              | LAAJ       | 64 级选择输入<br>使用时一定要输入电压。  |         |
| 输出电流限制                 | IDC        | 数字滤波器 $18/f_{osc} = 2 \mu s$ (典型值)                                     |         |
| 自动超前角检测输入<br>自动超前角基准检测 | RSI<br>RSG | 使用自动超前角功能时, 在 RSI 和 RSG 之间连接分流电阻。<br>不使用自动超前角功能时, 将 RSI 和 RSG 连接到 GND。 |         |
| 电机堵转检测设置               | TR         | 连接电容进行电机堵转检测   |         |

注: RESX 引脚和 VREF2 引脚仅用于 TC78B042FTG。

## 绝对最大额定值 (Ta = 25°C)

| 特性         | 符号                    | 额定值               | 单位 | 备注   |
|------------|-----------------------|-------------------|----|--|
| 电源电压       | MVCC                  | 18                | V  | VCC  |
| 输入电压       | MVIN1                 | - 0.3 - 18        | V  | VSP  |
|            | MVIN2                 | - 0.3 - VREF+ 0.3 | V  | HUP, HVP, HWP, HUM, HVM, HWM,<br>TR, OSC, FGC, LA, LAS, LAL, MODE, LAAJ, RES |
|            | MVIN3                 | - 0.3 - 6         | V  | RESX, CWCCW  |
|            | MVIN4                 | VREF+ 0.3         | V  | IDC, RSI   |
| 输出电压       | MVout1                | 6                 | V  | VREF, VREF2  |
|            | MVout2                | - 0.3 - VREF+ 0.3 | V  | FG, UH, VH, WH, UL, VL, WL   |
| 输出电流       | MIOUT                 | 2                 | mA | FG, UH, VH, WH, UL, VL, WL   |
| VREF 输出电流  | MI <sub>refout</sub>  | 35                | mA | VREF (VREF+VREF2) (注)<br>(还包括 VREF2 输出电流)                                    |
| VREF2 输出电流 | MI <sub>refout2</sub> | 3                 | mA | VREF2 (注)  |
| 功耗         | P <sub>D1</sub>       | 1.87              | W  | TC78B041FNG (SSOP30)<br>安装在 JEDEC4 层板上时                                      |
|            | P <sub>D2</sub>       | 4.25              | W  | TC78B042FTG (QFN32)<br>安装在 JEDEC4 层板上时                                       |
| 工作温度       | T <sub>opr</sub>      | - 40 - 115        | °C | 根据功耗特性确定工作温度范围。最大接点温度不应超过 T <sub>j</sub> (最大值) (150°C)。                      |
| 存储温度       | T <sub>opr</sub>      | - 55 - 150        | °C | —  |

[半导体装置绝对最大额定值为一组在任何时候都不得超过的额定值。

严禁超过这些额定值。否则会造成装置击穿，损坏或退化，并因爆炸或燃烧而使人受伤。

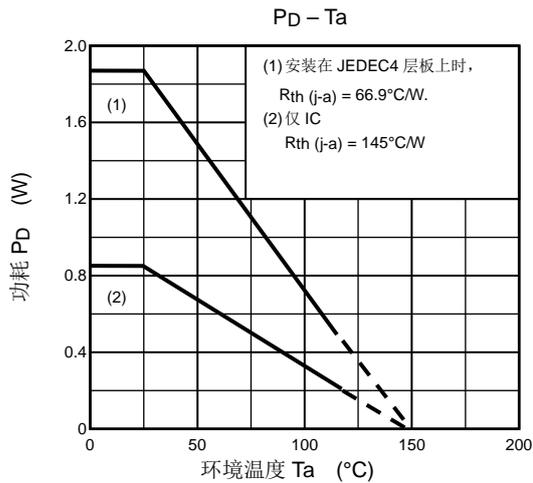
请在特定工作范围内使用 IC。

注：VREF2 引脚仅用于 TC78B042FTG。

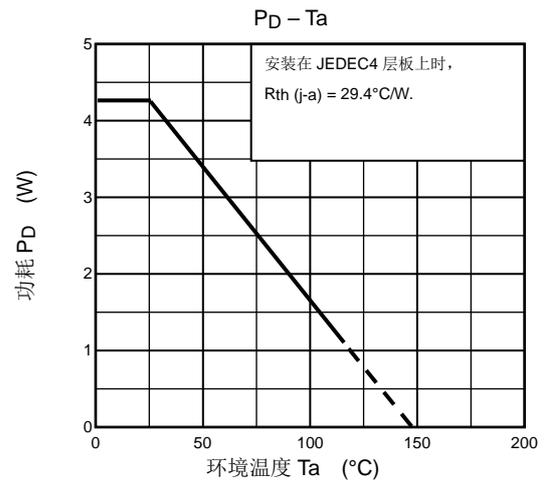
### 工作范围(Ta = 25°C)

| 特性       | 符号      | 最小值 | 典型值  | 最大值  | 单位  | 备注       |
|----------|---------|-----|------|------|-----|----------|
| 电源电压     | VCCopr  | 6   | 15   | 16.5 | V   | VCC      |
| 振荡频率     | fOSCopr | 6.8 | 9.22 | 15.5 | MHz | —        |
| 速度控制电压输入 | VSPopr  | 0   | —    | 7.3  | V   | VSP:正常控制 |
|          | VSPoprT | 8.2 | —    | 10   | V   | VSP:测试模式 |

### 功耗（仅供参考）



**TC78B041FNG (SSOP30)**



**TC78B042FTG (QFN32)**

电气特性（除非另有规定，Ta=25°C，VCC=15V）

| 特性              | 符号  | 测试条件   | 最小值                                   | 典型值        | 最大值   | 单位    |      |
|-----------------|---|--|---------------------------------------|------------|-------|-------|------|
| 电源电流            | ICC   | VREF = OPEN  | 2                                     | 5          | 8     | mA    |      |
| 输入电流            | IIN1  | VIN = 5 V: CWCCW, MODE, RESX   | 25                                    | 50         | 100   | μA    |      |
|                 | IIN2  | VIN = 0 V: FGC, LA, LAS, LAL, LAAJ   | -1                                    | 0          | 1     |       |      |
|                 | IIN3  | VIN = 5 V: VSP   | 17                                    | 33         | 70    |       |      |
|                 | IIN4  | VIN = 0 V: RES   | -100                                  | -50        | -25   |       |      |
|                 | IIN5  | VIN = 5 V: RES   | -2                                    | 5          | 10    |       |      |
| 输入电压            | VIN1  | H  | CWCCW, MODE                           | 2          | —     | —     | V    |
|                 |   | L  | CWCCW, MODE                           | 0          | —     | 0.8   |      |
|                 |   | Hys  | CWCCW, MODE (参考值)                     | —          | ±0.1  | —     |      |
|                 | VIN2  | HVTH   | RES, RESX                             | —          | 2.6   | 2.7   | V    |
|                 |   | LVTH   | RES, RESX                             | 2.3        | 2.4   | —     |      |
|                 |   | Hys  | RES, RESX (参考值)                       | —          | ±0.1  | —     |      |
|                 | VSPA  | T  | 最大 PWM, ON 占空比 → 测试模式                 | 7.3        | 7.75  | 8.2   | V    |
|                 |   | H  | 电机运行 → 最大 PWM, ON 占空比                 | 5.1        | 5.4   | 5.7   |      |
|                 |   | M  | 刷新 → 输出占空比操作起动                        | 1.8        | 2.1   | 2.4   |      |
|                 |   | L  | 换向 OFF → 刷新                           | 0.7        | 1.0   | 1.3   |      |
|                 | VSPB  | T  | 最大 PWM, ON 占空比 → 测试模式                 | 7.3        | 7.75  | 8.2   | V    |
|                 |   | H  | 电机运行 → 最大 PWM, ON 占空比                 | 4.7        | 5     | 5.3   |      |
|                 |   | M  | 刷新 → 输出占空比操作起动                        | 0.1        | 0.2   | 0.3   |      |
| AD 输入电压 STEP 宽度 | VAD4  | LAS (参考值)  | 1.125                                 | 1.25       | 1.325 | V     |      |
|                 | VAD16                                       | LAL, FGC (参考值)   | 0.281                                 | 0.313      | 0.331 | V     |      |
|                 | VAD32                                       | LA (参考值)   | 0.141                                 | 0.156      | 0.166 | V     |      |
|                 | VAD64                                       | LAAJ (参考值)   | 0.070                                 | 0.078      | 0.083 | V     |      |
| 霍尔传感器输入         | 输入灵敏度                                       | VS   | 差分输入                                  | 40         | —     | —     | mVpp |
|                 | 共模输入电压                                      | VW   | —                                     | 0.2        | —     | 3.5   | V    |
|                 | 输入滞后  | VHys   | (参考值)                                 | ±1.5       | ±7.5  | ±13.5 | mV   |
| 霍尔 IC 输入        | VHIN  | H  | HUP, HVP, HWP: HUM, HVM, HWM = VREF/2 | VREF - 1   | —     | VREF  | V    |
|                 |   | L  |                                       | 0          | —     | 0.8   |      |
| 输入延迟时间          | Thalr                                       | HUP, HVP, HWP = 霍尔 IC 输入,<br>HUM, HVM, HWM = VREF/2, OSC = 22 kΩ<br>UH, VH, WH, UL, VL, WL, FG: 上升 (参考值) | —                                     | 4          | —     | μs    |      |
|                 | Thalf                                       | HUP, HVP, HWP = 霍尔 IC 输入,<br>HUM, HVM, HWM = VREF/2, OSC = 22 kΩ<br>UH, VH, WH, UL, VL, WL, FG: 下降 (参考值) | —                                     | 2          | —     | μs    |      |
| 输出电压            | VOUTH                                       | IOUT = -2 mA: UH, VH, WH, UL, VL, WL, FG   | VREF - 0.78                           | VREF - 0.3 | —     | V     |      |
|                 | VOUTL                                       | IOUT = 2 mA: UH, VH, WH, UL, VL, WL, FG  | —                                     | 0.3        | 0.78  |       |      |
|                 | VREFA                                       | VREF = 0 mA: VREF, (VREF2 = OPEN) (注 1)  | 4.7                                   | 5.0        | 5.3   |       |      |
|                 | VREFB                                       | VREF = -15 mA: VREF, (VREF2 = OPEN) (注 1)  | 4.7                                   | 5.0        | 5.3   |       |      |
|                 | VREFC                                       | VREF = -35 mA: VREF, (VREF2 = OPEN) (注 1)  | 4.5                                   | 5.0        | 5.3   |       |      |
|                 | VREF2A                                      | VREF2 = 0 mA: VREF2, (VREF = OPEN) (注 1)   | 4.7                                   | 5.0        | 5.3   |       |      |
|                 | VREF2B                                      | VREF2 = -3 mA: VREF2, (VREF = -12 mA) (注 1)  | 4.7                                   | 5.0        | 5.3   |       |      |
| VREF2C          | VREF2 = -3 mA: VREF2, (VREF = -32 mA) (注 1) | 4.5  | 5.0                                   | 5.3        |       |       |      |
| 输出漏电流           | ILH   | VOUT = 0 V: UH, VH, WH, UL, VL, WL, FG   | —                                     | 0          | 1     | μA    |      |
|                 | ILL   | VOUT = 5 V: UH, VH, WH, UL, VL, WL, FG   | —                                     | 0          | 1     |       |      |

| 特性                    | 符号        | 测试条件                          | 最小值     | 典型值   | 最大值     | 单位  |
|-----------------------|-----------|-------------------------------|---------|-------|---------|-----|
| 输出 OFF 时间<br>(死区时间)   | VOFF(18)  | OSCR = 22 kΩ IOU = 2 mA (参考值) | 1.7     | 2     | 2.3     | μs  |
|                       | VOFF(20)  | OSCR = 20 kΩ IOU = 2 mA (参考值) | 1.5     | 1.79  | 2.07    | μs  |
| 振荡频率                  | fosc(18)  | OSCR = 22 kΩ (参考值)            | 8.29    | 9.22  | 10.14   | MHz |
|                       | fosc(20)  | OSCR = 20 kΩ (参考值)            | 9.06    | 10.06 | 11.08   | MHz |
| PWM 振荡频率<br>(载波频率)    | FC(18)    | OSCR = 22 kΩ (参考值)            | 16.2    | 18    | 19.8    | kHz |
|                       | FC(20)    | OSCR = 20 kΩ (参考值)            | 17.7    | 19.6  | 21.7    | kHz |
| 最大导通占空比宽度<br>(正弦波)    | TON180MAX | (参考值)                         | (Note2) | 96.3  | (Note2) | %   |
| 最大导通占空比宽度<br>(120°换向) | TON120MAX | (参考值)                         | (Note2) | 85    | (Note2) | %   |
| 最小导通占空比宽度             | TONMIN    | (参考值)                         | —       | 0.2   | —       | %   |
| 输出电流限制电压              | VIDC      | IDC                           | 0.48    | 0.5   | 0.52    | V   |
| 电流检测输入延迟              | TIDC      | IDC OSCR = 22 kΩ (参考值)        | —       | 3.2   | —       | μs  |
| VCC 监视器               | VCC(H)    | 输出开启阈值                        | 5.0     | 5.5   | 5.9     | V   |
|                       | VCC(L)    | 输出关闭阈值                        | 4.5     | 5     | 5.5     |     |
|                       | VCC(H)    | 输入电压滞后 (参考值)                  | —       | 0.5   | —       |     |
| VREF 监视器              | VREF(H)   | 输出开启阈值                        | 3.7     | 4     | 4.3     | V   |
|                       | VREF(L)   | 输出关闭阈值                        | 3.4     | 3.7   | 4       |     |
|                       | VREF(H)   | 输入电压滞后 (参考值)                  | —       | 0.3   | —       |     |
| 电机堵转检测                | TONTR     | TR = 0.01 μF<br>工作周期 (参考值)    | 3.7     | 5     | 7.4     | s   |
|                       | TOFFTR    | TR = 0.01 μF<br>输出禁用周期 (参考值)  | 22.2    | 30    | 44.4    | s   |
|                       | FTR       | TR = 0.01 μF<br>频率            | 68      | 100   | 132     | Hz  |
|                       | ICTR      | 充电电流 (参考值)                    | 2       | 3     | 4       | μA  |
|                       | IDTR      | 放电电流 (参考值)                    | -4      | -3    | -2      | μA  |
|                       | VHTR      | 高侧阈值 (参考值)                    | 2.7     | 3     | 3.3     | V   |
|                       | VLTR      | 低侧阈值 (参考值)                    | 1.35    | 1.5   | 1.65    | V   |
| 自动超前角的电流检测精度          | VRS       | (参考值)                         | -1      | 0     | 1       | mV  |

参考值: 设计值。在装运之前东芝未进行测试。

Note1: VREF2 引脚仅用于 TC78B042FTG。

Note2: 由于输出占空比由逻辑电路控制, 最大导通负载宽度的最大值和最小值与典型值相同, 并且这些值均为设计值。但是, 由于负载能力等的延迟, 这些值可能与典型值有所差异。

### 功能描述

#### 1. 基本运行

启动时，电机由 120°换向驱动。在霍尔信号检测到电机以 1 Hz 或更高的频率旋转时可估计出转子位置。（注）

- 0（启动） ≤ f < 1 Hz: 方波驱动（120°换向）
- 1 Hz ≤ f: 正弦波 PWM 驱动（180°换向）

注：当振荡频率（fosc）为 9.22MHz 时，从霍尔信号到下一个信号的切换周期约为 0.167s。因而，一个周期的频率约为 1Hz ((6×1536000) / fosc)。  
 在 f 为 1Hz 或以上时，电机根据 LA 引脚的命令驱动。  
 在 f 为 1Hz 以下或电机旋转方向相反（按照该时序图）时，电机由 120°换向（超前角为 0°）驱动。

#### 2. 基准时钟和载波频率设置

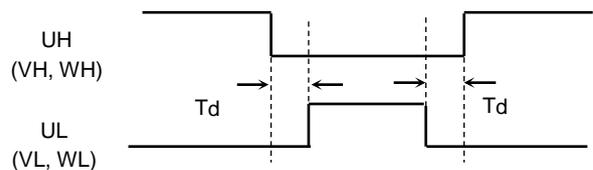
基准时钟（振荡频率：fosc）由 OSCR 引脚的电阻（R）决定。它配置 PWM 频率（载波频率）。计算公式如下所示。当 OSCR 引脚的电阻（R）为 22kΩ 时，振荡频率为 9.22 MHz（典型值），载波频率为 18 kHz（典型值）。  
 载波频率：Fc = fosc / 512 (Hz)

| OSCR 引脚电阻值 [kΩ] | 基准时钟 fosc[MHz] (典型值) | PWM 频率 (载波频率) Fc [kHz] (典型值) |
|-----------------|----------------------|------------------------------|
| 27              | 7.62                 | 14.9                         |
| 24              | 8.5                  | 16.6                         |
| 22              | 9.22                 | 18                           |
| 20              | 10.06                | 19.6                         |
| 18              | 11.08                | 21.6                         |
| 16              | 12.33                | 24.1                         |
| 15              | 13.07                | 25.5                         |

#### 3. 死区时间插入（交叉导通保护）

为防止低侧和高侧电源装置之间在正弦波 PWM 驱动期间发生短路，以数字方式插入某个死区时间。（在正弦波驱动期间，也按全占空比周期执行该死区时间。）

$T_d = 18 / f_{osc}$   
 当  $f_{osc} \approx 9.22\text{MHz}$  时  $T_d \approx 2 \mu\text{s}$ ，其中  $f_{osc}$  为基准时钟频率（振荡频率）。

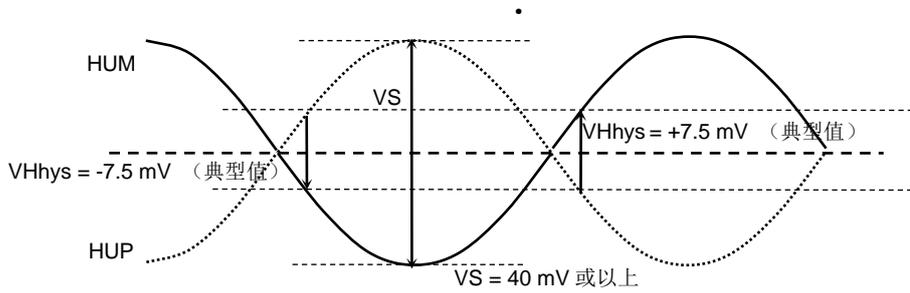


### 4. 霍尔信号

#### <霍尔传感器输入>

共模输入电压范围:  $VW = 0.2$  到  $3.5\text{ V}$

输入滞后:  $VHhys = 7.5\text{ mV}$  (典型值)



#### <霍尔 IC 输入>

使用设置示例 1:  $HUP, HVP, HWP = GND$  到  $VREF$ :  $HUM, HVM, HWM = VREF/2$

使用设置示例 2:  $HUP, HVP, HWP = VREF/2$ :  $HUM, HVM, HWM = GND$  到  $VREF$

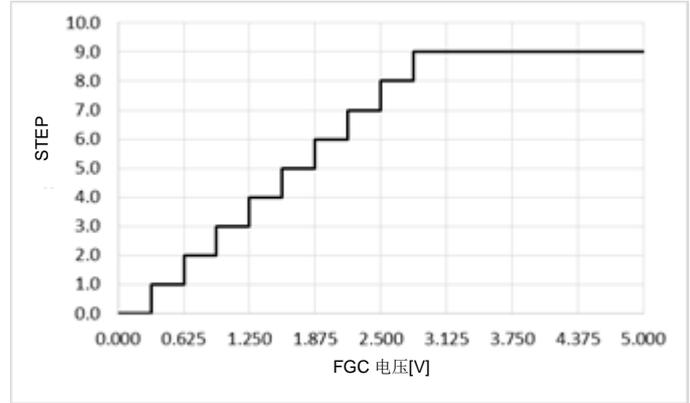
### 5. 旋转脉冲输出

IC 根据霍尔信号输出旋转脉冲。FGC 引脚可以切换脉冲数。每个电角一次脉冲是根据 U 相的霍尔信号生成。每个电角 3 次脉冲，则是通过组合 U 相、V 相与 W 相的各上升与下降沿而生成的。

在霍尔信号 (U 相) 频率约为 0.68Hz 或更高 (条件:  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ ) 的情况下, 通过旋转电机 1.5 个电角, 每个电角生成 2.4 或 2 或 0.8 个脉冲。当  $f$  小于 0.68Hz 时, 它们不会生成。由于脉冲的生成与霍尔信号的切换沿不同步, 因此不能用 FG 信号来判断霍尔信号的各个相。

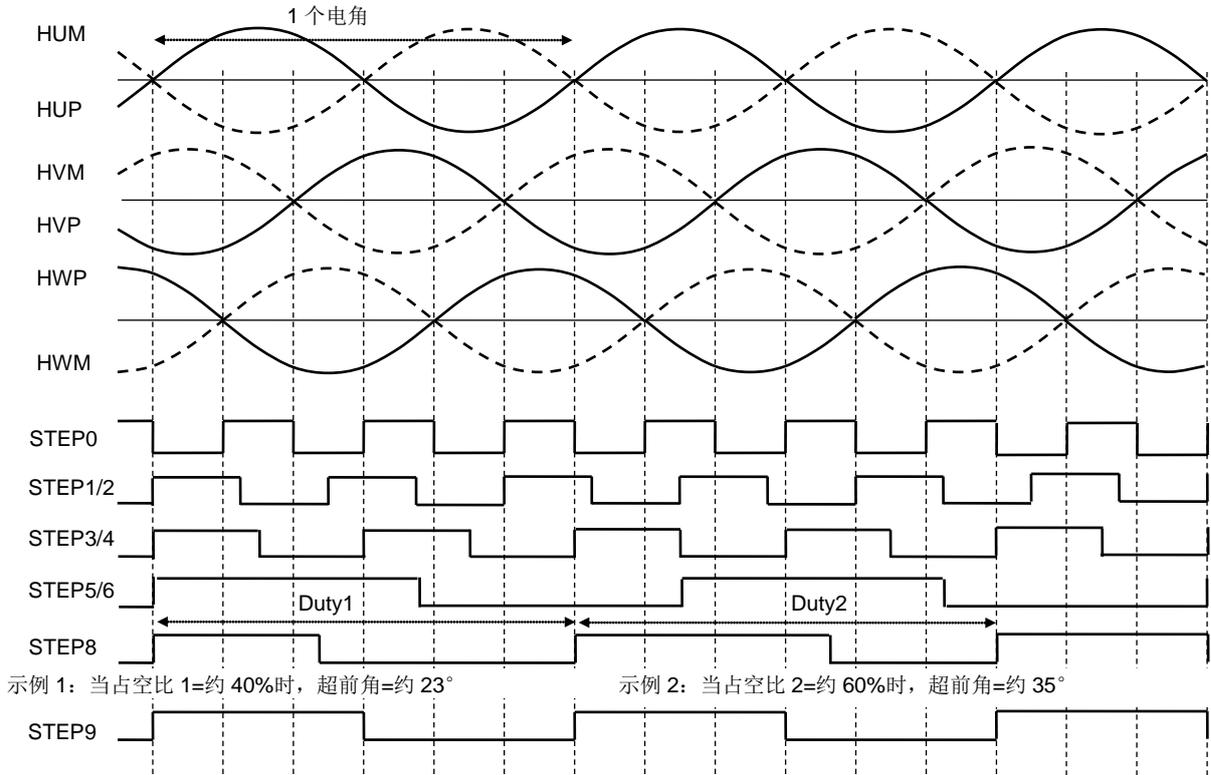
在 STEP8 中, 换向信号的输出定时被启用。近似超前角可计算如下:  $\text{超前角}(\text{°}) = (0.6 \times \text{占空比}(\%)) - 0.94$ 。

| STEP | FGC[V]<br>(注) | FG            |
|------|---------------|---------------|
| 0    | 0.00          | 每个电角 3 次脉冲    |
| 1    | 0.31          | 每个电角 2.4 次脉冲  |
| 2    | 0.63          |               |
| 3    | 0.94          | 每个电角 2 次脉冲    |
| 4    | 1.25          |               |
| 5    | 1.56          | 每个电角 0.8 次脉冲  |
| 6    | 1.88          |               |
| 7    | 2.19          |               |
| 8    | 2.50          | 测试模式 1        |
| 9    | 2.81          | 测试模式 2: 超前角定时 |



注: FGC 引脚的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置, 因此它随 VREF 引脚电压波动。

#### <FG 信号的时序图>



注: 上面的时序图是一个示例, 且为了便于解释进行了简化。2.4、2、0.8 脉冲或电角可能与霍尔信号不同步。

## 6. 设置转速控制

通过改变 VSP 引脚的输入电压，改变换向信号输出的占空比，并控制电机转速。  
使用 MODE 引脚可以在 A 和 B 之间选择 VSP 引脚的输入模式。

| MODE 引脚  | VSP 引脚的输入型 |
|----------|------------|
| 高        | B 模式       |
| Low/OPEN | A 模式       |

### <VSP 引脚输入：A 模式, MODE 引脚：Low/Open>

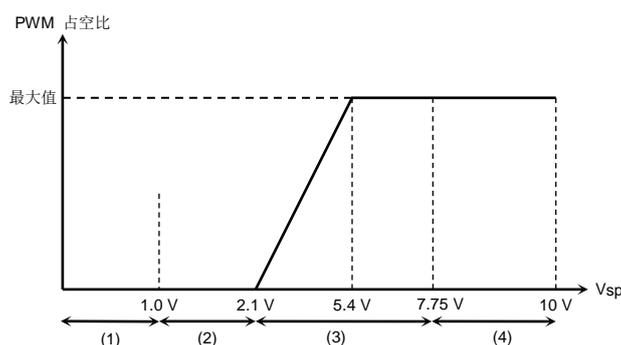
- (1) 电压命令输入： $V_{SP} \leq 1.0 \text{ V}$   
换向信号输出被禁用（即门驱动禁止被激活）。
- (2) 电压命令输入： $1.0 \text{ V} < V_{SP} \leq 2.1 \text{ V}$ （刷新）  
低侧换向信号以固定周期持续开启（载波周期）。ON 占空比：约 8% ( $40/f_{osc}$ )
- (3) 电压命令输入： $2.1 \text{ V} < V_{SP} \leq 7.75 \text{ V}$   
通过设置 256 分辨率来改变输出 ON 占空比。 $V_{SP}$  为 5.4 V（典型值）或以上，输出 ON 占空比保持最大值。  
在方波驱动期间，低侧换向信号会以固定周期被强制持续开启（载波周期）。ON 占空比：约 8% ( $40/f_{osc}$ )

在停止模式下（当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$  时，旋转频率  $< 1 \text{ Hz}$ ）， $V_{SP}$  超过 2.1V 后输出换向信号，并激活刷新模式 1.5ms（条件： $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ ）。在旋转模式下（当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$  时，旋转频率  $\geq 1\text{Hz}$ ）， $V_{SP}$  超过 2.1V 后立即输出换向信号。

注：启动时，应开启低侧换向信号（ $1.0\text{V} < V_{SP} \leq 2.1\text{V}$ ）一段时间，以对高侧栅极电源进行充电。

- (4) 电压命令输入： $7.75 \text{ V} < V_{SP} \leq 10 \text{ V}$ （电机装运测试模式）  
在正弦波驱动模式下，电机以零超前角旋转。  
输出 ON 占空比保持最大值。

注：在电机装运测试模式下，即使正弦波生成方法的设置是使用 LAS 引脚进行 360° 正弦波复位，依然设置是 60° 正弦波复位。



注：VSP 引脚每个状态的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置，因此它随 VREF 引脚电压波动。

## &lt;VSP 引脚输入: B 模式, MODE 引脚: High&gt;

- (1) 电压命令输入:  $V_{SP} \leq 0.2 \text{ V}$  (刷新)  
低侧换向信号持续开启 (载波周期)。ON 占空比: 约 8% ( $40/f_{osc}$ )
- (2) 电压命令输入:  $0.2 \text{ V} < V_{SP} \leq 7.75 \text{ V}$   
通过设置 256 分辨率来改变输出 ON 占空比。 $V_{SP}$  为 5 V (典型值) 或以上, 输出 ON 占空比保持最大值。

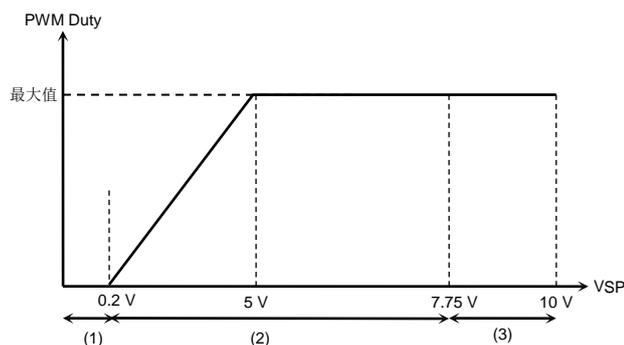
在方波驱动期间, 低侧换向信号会以固定周期被强制持续开启 (载波周期)。ON 占空比: 约 8% ( $40/f_{osc}$ )

在停止模式下 (当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$  时, 旋转频率  $< 1 \text{ Hz}$ ),  $V_{SP}$  超过 0.2 V 后输出换向信号, 并激活刷新模式 1.5ms (条件:  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ )。在旋转模式下 (当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$  时, 旋转频率  $\geq 1\text{Hz}$ ),  $V_{SP}$  超过 0.2 V 后立即输出换向信号。

注: 启动时, 应开启低侧换向信号 ( $0.2 \text{ V} < V_{SP}$ ) 一段时间, 以对高侧栅极电源进行充电。

- (3) 电压命令输入:  $7.75 \text{ V} < V_{SP} \leq 10 \text{ V}$  (电机装运测试模式)  
在正弦波驱动模式下, 电机以零超前角旋转。  
输出 ON 占空比保持最大值。

注: 在电机装运测试模式下, 即使正弦波生成方法的设置是使用 LAS 引脚进行 360° 正弦波复位, 依然设置是 60° 正弦波复位。



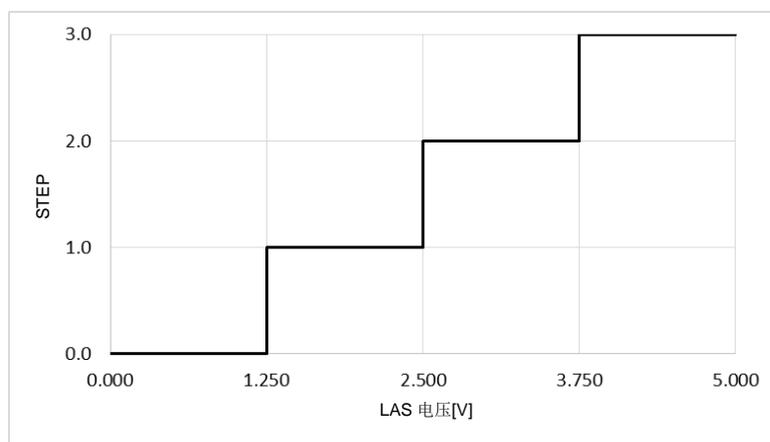
注: VSP 引脚每个状态的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置, 因此它随 VREF 引脚电压波动。

## 7. 设置超前角功能和正弦波生成

LAS 引脚可以设置正弦波生成和超前角功能。具体如下。

| STEP | LAS 电压[V]<br>(注) | 正弦波生成       | 超前角功能                 | LA 引脚设置                         |
|------|------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|
| 0    | 0                | 正弦波(60°)重置  | 自动<br>(InPAC: 智能相位控制) | 电流限制超前角的超前角上限设置<br>0°~ 58°/32 步 |
| 1    | 1.25             | 正弦波(360°)重置 | 自动<br>(InPAC: 智能相位控制) | 电流限制超前角的超前角上限设置<br>0°~ 58°/32 步 |
| 2    | 2.5              | 正弦波(360°)重置 | 外部输入                  | 设置换向信号输出相位:<br>0°~ 58°/32 步     |
| 3    | 3.75             | 正弦波(60°)重置  | 外部输入                  | 设置换向信号输出相位:<br>0°~ 58°/32 步     |

注: LAS 引脚的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置, 因此它随 VREF 引脚电压波动。



### <超前角功能>

#### (1) 自动超前角控制功能 (InPAC: 智能相位控制)

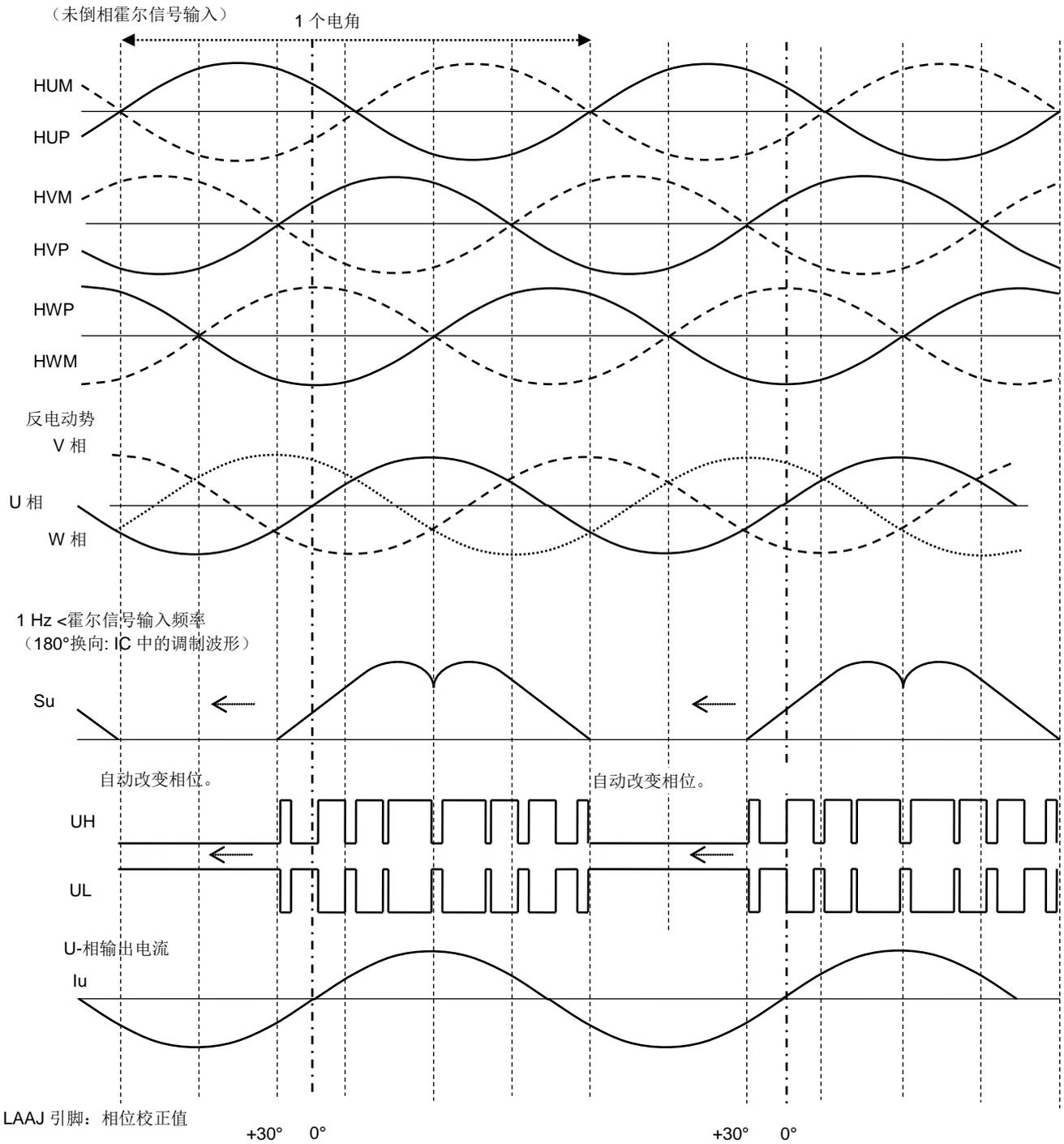
自动超前角控制功能根据霍尔信号的输入信号进行校正, 使 U 相输出电流的零交叉点在下面的时序图中处于 0°位置。它在时序图中的 0°位置检测输出电流, 并且无论是超前角还是延迟角, 每个电角判断一次相位, 当连续 4 次判断的结果被匹配时, 它改变每一步 (0.94°) 的换向信号输出的相位 (范围: 0°到 58°), 并校正输出电流的零交叉位置。如果结果不匹配, 则换向信号的相位不会改变。

此外, 当 U 相孔信号与 U 相反电动势的相位关系为以下时序图时, 自动超前角控制功能将 U 相输出电流的零交叉点校正到时序图的 0°位置。因此, 当 U 相反电动势的零交叉点与 U 相输出电流相对应时, 电机驱动效率得到优化。由于 RSI 和 RSG 引脚通过分流电阻检测输出电流的零交叉点, 需要 RSI 引脚和 RSG 引脚通过并联电阻连接才能应用自动超前角功能。

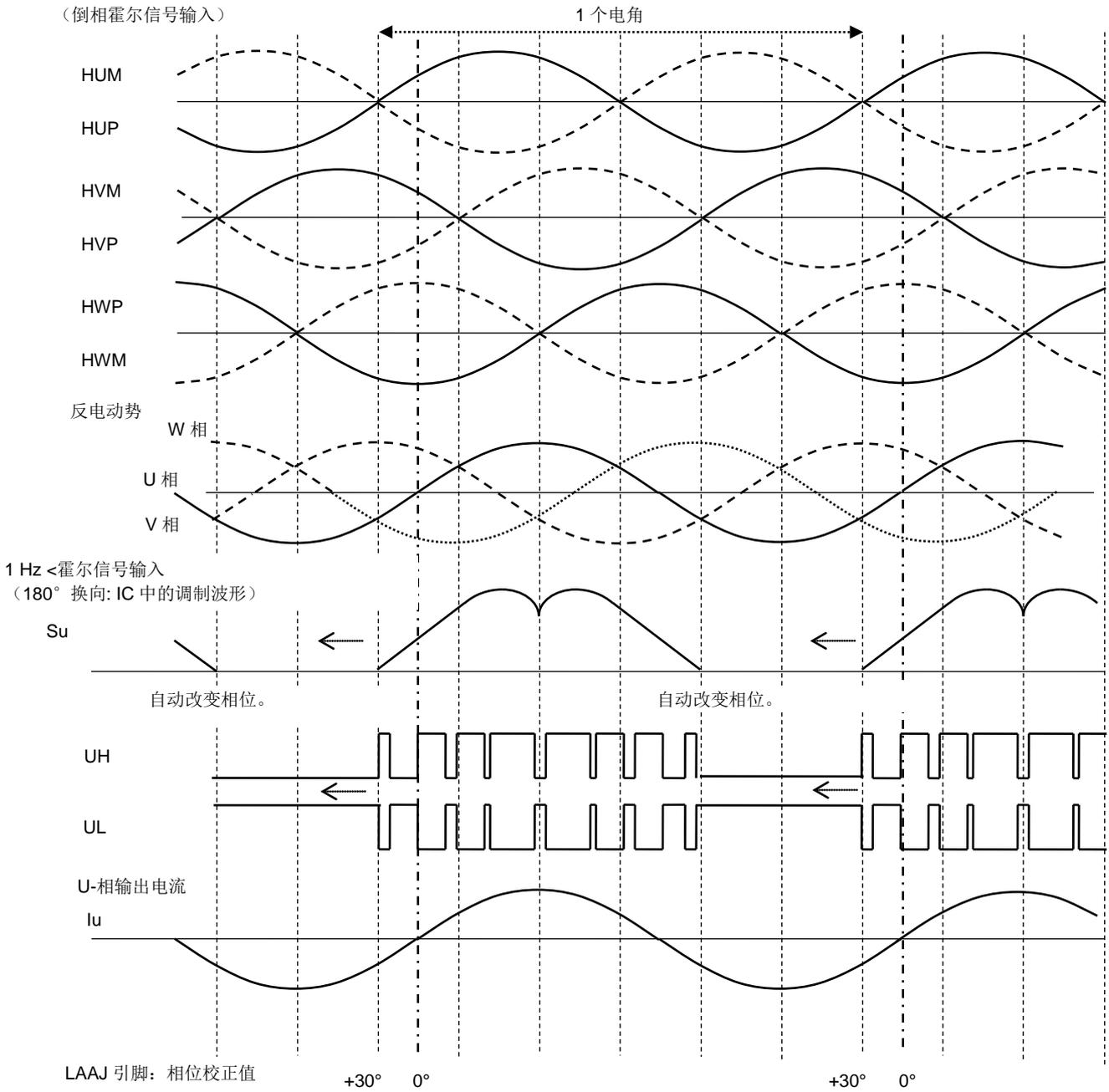
此外, 能够启用正常自动超前角控制的转速 (即霍尔信号的一个电角频率) 存在限制 (Finpac)。限制值 (Finpac) 根据 PWM 频率 (载波频率) 和相位校正值得确定。其计算公式为: 'Finpac=PWM 频率×{(30+相位)/540}'。当转速超过此限制值时, 自动超前角功能可能无法运行。

示例: 如果 PWM 频率=16.2 kHz, 相位 (LAAJ 引脚功能) =0°设置, Finpac=900 Hz。

### <自动超前角的时序图(CWCCW=Low)>



### <自动超前角的时序图(CWCCW=High)>



### <自动超前角控制设置 (InPAC) 时 LA 引脚的电流限制超前角的上限值设置>

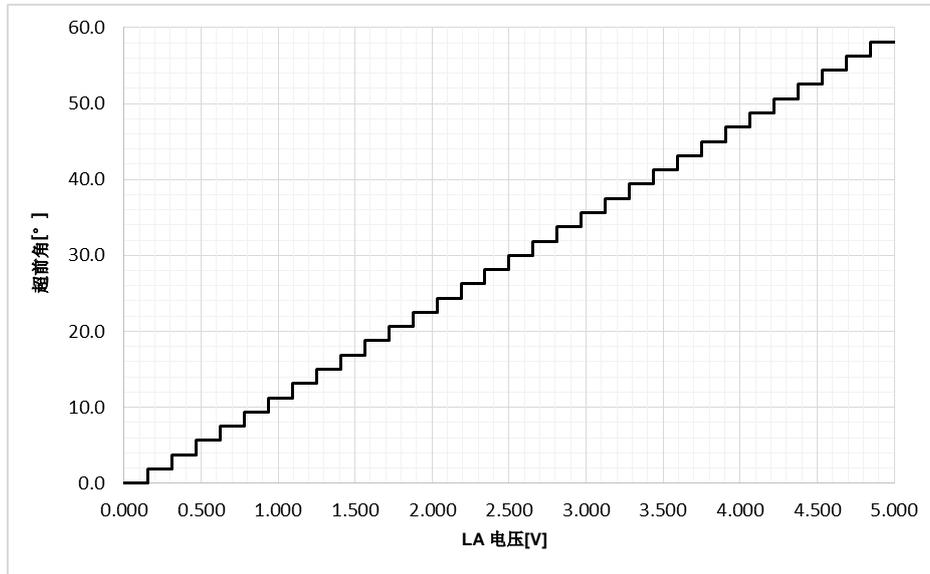
在自动超前角设置 (InPAC) 中, 当限流 (IDC 引脚功能) 在输出电流的零交叉检测点工作且不能判断自动超前角 (InPAC) 相位时, 限流超前角 (IDC 超前角) 使超前角提前。LA 引脚设置为限流超前角 (IDC 超前角) 的上限值。在自动超前角设置 (InPAC) 中, 当限流 (IDC 引脚功能) 在输出电流的零交叉检测点工作时, 不能进行相位判断, 自动超前角控制 (InPAC) 也无法工作。然而, 在这种情况下, 超前角可以通过限流超前角功能 (IDC 超前角) 来提前。当自动超前角 (InPAC) 不能通过限流计数 4 次进行相位判断时, 提前 1 步 (0.94°) 的超前角。当自动超前角控制 (InPAC) 不通过限流进行相位判断时, 自动超前角控制 (InPAC) 的超前角计数被重置。

通过此限流超前角功能, LA 引脚可以设置限流超前角的上限值, 以使超前角不要提前太多。

LA 引脚超前角的上限设置仅用于此限流超前角功能 (IDC 超前角) 的设置, 因此正常的自动超前功能设置 (InPAC) 不能任意设置此限值。上限值为 58.1°。

| STEP | LA 电压[V]<br>(注) | 超前角[°] | STEP | LA 电压[V]<br>(注) | 超前角[°] |
|------|-----------------|--------|------|-----------------|--------|
| 0    | 0.00            | 0.0    | 16   | 2.50            | 30.0   |
| 1    | 0.16            | 1.9    | 17   | 2.66            | 31.9   |
| 2    | 0.31            | 3.8    | 18   | 2.81            | 33.8   |
| 3    | 0.47            | 5.6    | 19   | 2.97            | 35.6   |
| 4    | 0.63            | 7.5    | 20   | 3.13            | 37.5   |
| 5    | 0.78            | 9.4    | 21   | 3.28            | 39.4   |
| 6    | 0.94            | 11.3   | 22   | 3.44            | 41.3   |
| 7    | 1.09            | 13.1   | 23   | 3.59            | 43.1   |
| 8    | 1.25            | 15.0   | 24   | 3.75            | 45.0   |
| 9    | 1.41            | 16.9   | 25   | 3.91            | 46.9   |
| 10   | 1.56            | 18.8   | 26   | 4.06            | 48.8   |
| 11   | 1.72            | 20.6   | 27   | 4.22            | 50.6   |
| 12   | 1.88            | 22.5   | 28   | 4.38            | 52.5   |
| 13   | 2.03            | 24.4   | 29   | 4.53            | 54.4   |
| 14   | 2.19            | 26.3   | 30   | 4.69            | 56.3   |
| 15   | 2.34            | 28.1   | 31   | 4.84            | 58.1   |

注: LA 引脚的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置, 因此它随 VREF 引脚电压波动。

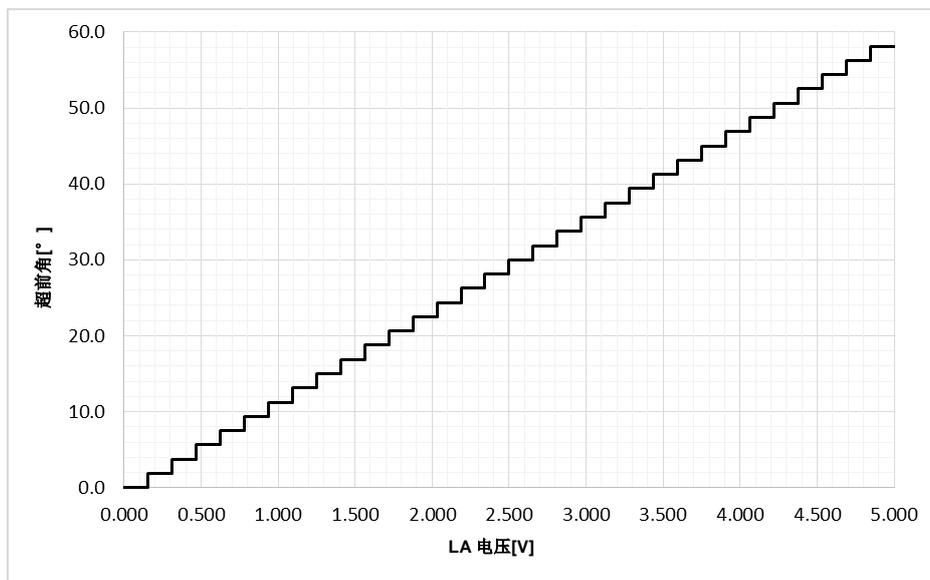


### (2) 由外部输入设置的超前角

换向信号输出对霍尔信号的超前角可以通过 LA 输入电压来确定。

| STEP | LA 电压[V]<br>(注) | 超前角[°] | STEP | LA 电压[V]<br>(注) | 超前角[°] |
|------|-----------------|--------|------|-----------------|--------|
| 0    | 0.00            | 0.0    | 16   | 2.50            | 30.0   |
| 1    | 0.16            | 1.9    | 17   | 2.66            | 31.9   |
| 2    | 0.31            | 3.8    | 18   | 2.81            | 33.8   |
| 3    | 0.47            | 5.6    | 19   | 2.97            | 35.6   |
| 4    | 0.63            | 7.5    | 20   | 3.13            | 37.5   |
| 5    | 0.78            | 9.4    | 21   | 3.28            | 39.4   |
| 6    | 0.94            | 11.3   | 22   | 3.44            | 41.3   |
| 7    | 1.09            | 13.1   | 23   | 3.59            | 43.1   |
| 8    | 1.25            | 15.0   | 24   | 3.75            | 45.0   |
| 9    | 1.41            | 16.9   | 25   | 3.91            | 46.9   |
| 10   | 1.56            | 18.8   | 26   | 4.06            | 48.8   |
| 11   | 1.72            | 20.6   | 27   | 4.22            | 50.6   |
| 12   | 1.88            | 22.5   | 28   | 4.38            | 52.5   |
| 13   | 2.03            | 24.4   | 29   | 4.53            | 54.4   |
| 14   | 2.19            | 26.3   | 30   | 4.69            | 56.3   |
| 15   | 2.34            | 28.1   | 31   | 4.84            | 58.1   |

注：LA 引脚的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置，因此它随 VREF 引脚电压波动。

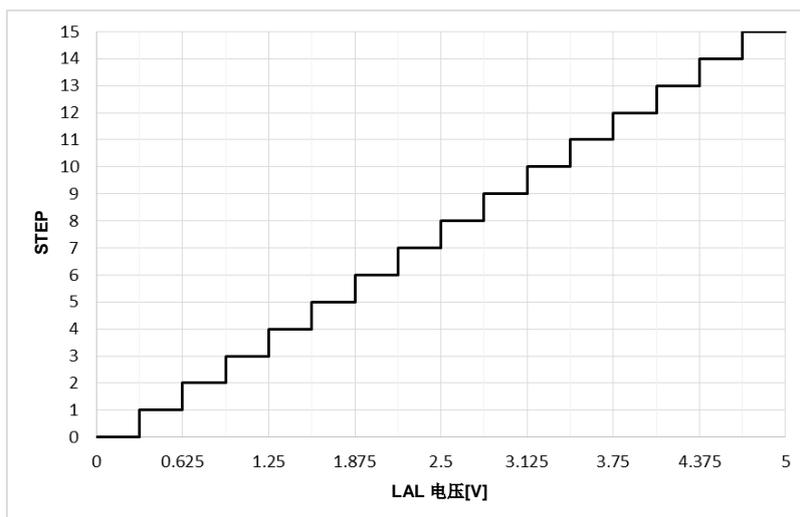


### 超前角限制功能 (LAL 引脚设置)

当 VSP 输入电压太低而不能提供足够的输出电流时,由于自动超前角功能是通过检测输出电流的零交叉点来激活的,因此无法准确检测出输出电流的零交叉点,并且此可能无法正常工作。在这种情况下,应用超前角限制功能。在自动超前角功能设置中,当下列 LAL 引脚设置中 VSP 引脚的输入电压(输入占空比)小于设置值时,自动超前角限制功能为 LAL 引脚设置的固定角(不工作)。由于固定的超前角值是初始值,所以当从矩形波变为正弦波时,超前角的正弦波也从此固定的超前角值开始。当 VSP 引脚电压超过配置电压时,自动超前角控制功能工作,并从固定的超前角到合适的超前角变化 1 步 (0.94°)。此外,在外部输入设置中,不启用使用 LAL 引脚的自动超前角功能。

| STEP | LAL 电压[V]<br>(注) | 固定的超前角[°]<br>(初始值) | VSP 电压[V] / A 模式 (注)<br>(VSP 输入:与占空比相反) |                        | VSP 电压[V] / B 模式 (注)<br>(VSP 输入:与占空比相反) |                        |
|------|------------------|--------------------|---|------------------------|---|------------------------|
|      |                  |                    | 滞后 VSP 增侧                               | 滞后 VSP 减侧              | 滞后 VSP 增侧                               | 滞后 VSP 减侧              |
| 0    | 0.00             | No limit<br>(0°)   | —                                       | —                      | —                                       | —                      |
| 1    | 0.31             | 5.6                | 2.49 V 或以下<br>(12%或以下)                  | 2.43 V 或以下<br>(10%或以下) | 0.77 V 或以下<br>(12%或以下)                  | 0.68 V 或以下<br>(10%或以下) |
| 2    | 0.63             | 0                  | 2.66 V 或以下<br>(17%或以下)                  | 2.60 V 或以下<br>(15%或以下) | 1.01 V 或以下<br>(17%或以下)                  | 0.92 V 或以下<br>(15%或以下) |
| 3    | 0.94             | 11.3               |   |                        |   |                        |
| 4    | 1.25             | 5.6                | 2.83 V 或以下<br>(22%或以下)                  | 2.76 V 或以下<br>(20%或以下) | 1.27 V 或以下<br>(22%或以下)                  | 1.17 V 或以下<br>(20%或以下) |
| 5    | 1.56             | 0                  |   |                        |   |                        |
| 6    | 1.88             | 12.2               | 2.99 V 或以下<br>(27%或以下)                  | 2.93 V 或以下<br>(25%或以下) | 1.51 V 或以下<br>(27%或以下)                  | 1.41 V 或以下<br>(25%或以下) |
| 7    | 2.19             | 6.6                |   |                        |   |                        |
| 8    | 2.50             | 0                  | 3.15 V 或以下<br>(32%或以下)                  | 3.09 V 或以下<br>(30%或以下) | 1.74 V 或以下<br>(32%或以下)                  | 1.64 V 或以下<br>(30%或以下) |
| 9    | 2.81             | 13.1               |   |                        |   |                        |
| 10   | 3.13             | 7.5                | 3.15 V 或以下<br>(32%或以下)                  | 3.09 V 或以下<br>(30%或以下) | 1.74 V 或以下<br>(32%或以下)                  | 1.64 V 或以下<br>(30%或以下) |
| 11   | 3.44             | 0                  |   |                        |   |                        |
| 12   | 3.75             | 18.8               |   |                        |   |                        |
| 13   | 4.06             | 13.1               | 3.15 V 或以下<br>(32%或以下)                  | 3.09 V 或以下<br>(30%或以下) | 1.74 V 或以下<br>(32%或以下)                  | 1.64 V 或以下<br>(30%或以下) |
| 14   | 4.38             | 7.5                |   |                        |   |                        |
| 15   | 4.69             | 0                  |   |                        |   |                        |

注: LAL 引脚和 VSP 引脚的阈值电压是典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置,因此它们随 VREF 引脚电压波动。

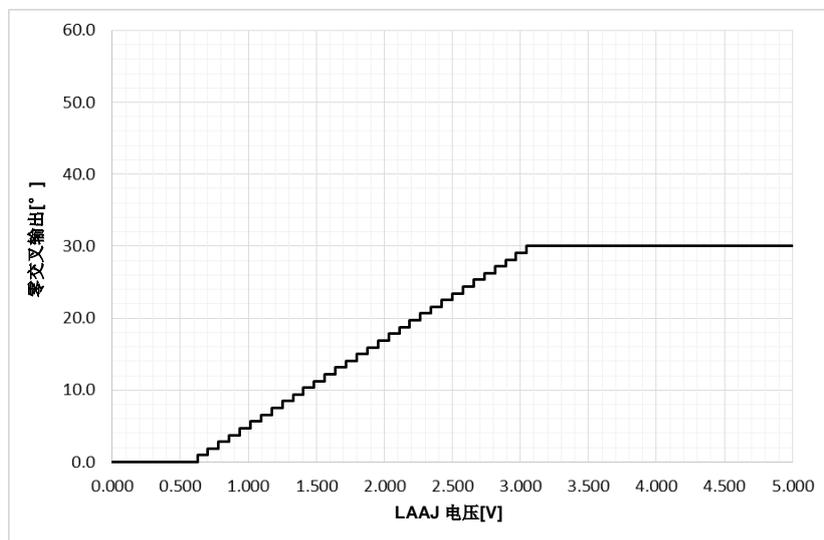


### 自动超前角校正 (LAAJ 引脚设置)

LAAJ 引脚可以校正 LA 引脚，也可以在自动超前角控制期间校正输出电流的零交叉点。配置如下所示。

| STEP | LAAJ [V] | 相位[°] |
|------|----------|-------|------|----------|-------|------|----------|-------|------|----------|-------|
| 0    | 0.00     | 0.0   | 16   | 1.25     | 8.4   | 32   | 2.50     | 23.4  | 48   | 3.75     | 30.0  |
| 1    | 0.08     | 0.0   | 17   | 1.33     | 9.4   | 33   | 2.58     | 24.4  | 49   | 3.83     | 30.0  |
| 2    | 0.16     | 0.0   | 18   | 1.41     | 10.3  | 34   | 2.66     | 25.3  | 50   | 3.91     | 30.0  |
| 3    | 0.23     | 0.0   | 19   | 1.48     | 11.3  | 35   | 2.73     | 26.3  | 51   | 3.98     | 30.0  |
| 4    | 0.31     | 0.0   | 20   | 1.56     | 12.2  | 36   | 2.81     | 27.2  | 52   | 4.06     | 30.0  |
| 5    | 0.39     | 0.0   | 21   | 1.64     | 13.1  | 37   | 2.89     | 28.1  | 53   | 4.14     | 30.0  |
| 6    | 0.47     | 0.0   | 22   | 1.72     | 14.1  | 38   | 2.97     | 29.1  | 54   | 4.22     | 30.0  |
| 7    | 0.55     | 0.0   | 23   | 1.80     | 15.0  | 39   | 3.05     | 30.0  | 55   | 4.30     | 30.0  |
| 8    | 0.63     | 0.9   | 24   | 1.88     | 15.9  | 40   | 3.13     | 30.0  | 56   | 4.38     | 30.0  |
| 9    | 0.70     | 1.9   | 25   | 1.95     | 16.9  | 41   | 3.20     | 30.0  | 57   | 4.45     | 30.0  |
| 10   | 0.78     | 2.8   | 26   | 2.03     | 17.8  | 42   | 3.28     | 30.0  | 58   | 4.53     | 30.0  |
| 11   | 0.86     | 3.8   | 27   | 2.11     | 18.8  | 43   | 3.36     | 30.0  | 59   | 4.61     | 30.0  |
| 12   | 0.94     | 4.7   | 28   | 2.19     | 19.7  | 44   | 3.44     | 30.0  | 60   | 4.69     | 30.0  |
| 13   | 1.02     | 5.6   | 29   | 2.27     | 20.6  | 45   | 3.52     | 30.0  | 61   | 4.77     | 30.0  |
| 14   | 1.09     | 6.6   | 30   | 2.34     | 21.6  | 46   | 3.59     | 30.0  | 62   | 4.84     | 30.0  |
| 15   | 1.17     | 7.5   | 31   | 2.42     | 22.5  | 47   | 3.67     | 30.0  | 63   | 4.92     | 30.0  |

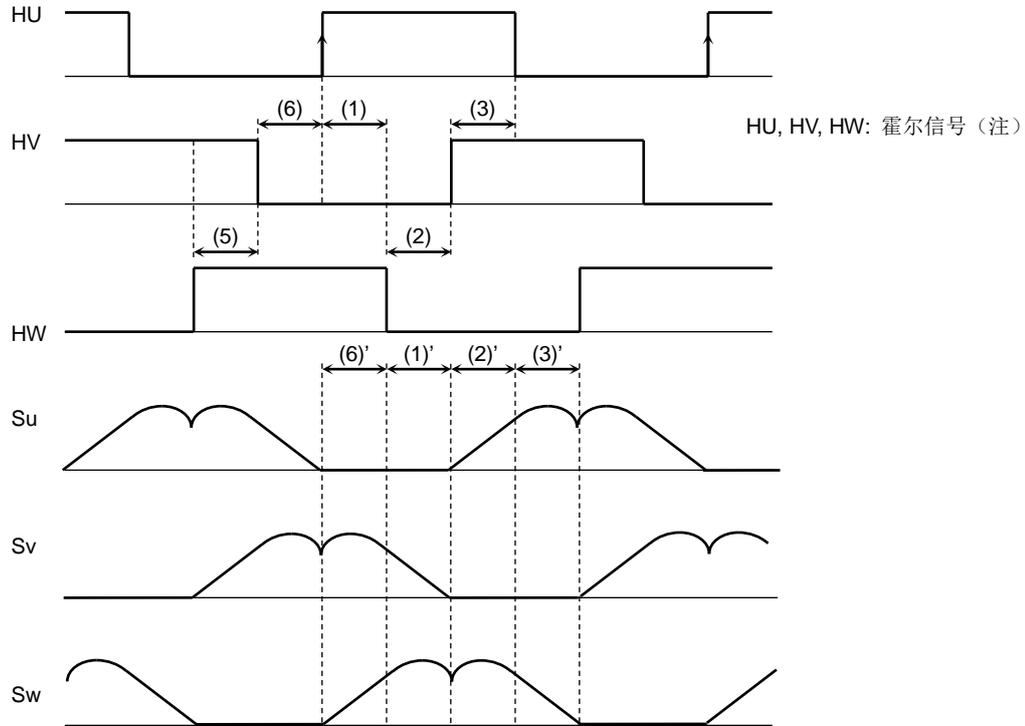
注：LAAJ 引脚的阈值电压是一个典型值。该值根据 VREF 引脚电压进行配置，因此它随 VREF 引脚电压波动。



### <正弦波生成>

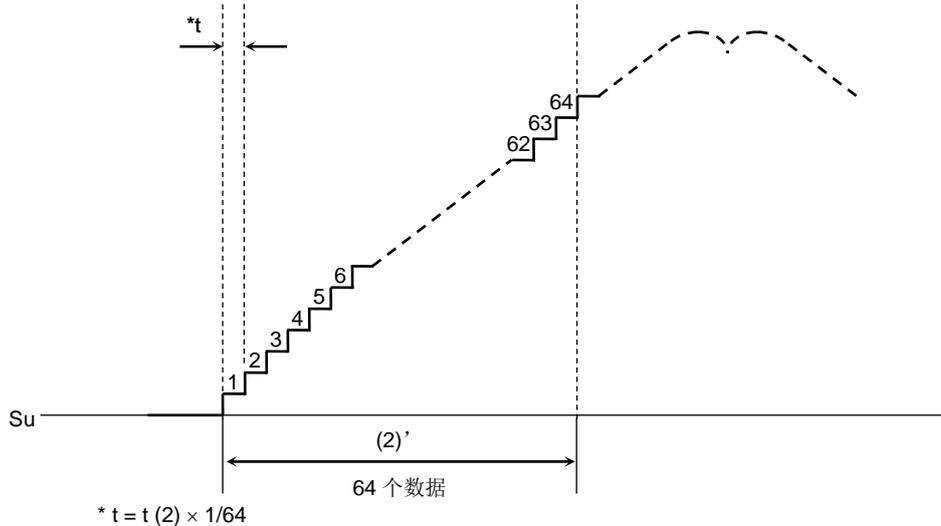
#### (1) 正弦波(60°)重置

对霍尔传感器生成的霍尔信号进行调制，并将调制后的波形与三角波形进行比较，产生正弦 PWM 波形。计数器测量从每个霍尔信号的上升沿（下降沿）到其下一个下降沿（上升沿）的周期（对应于 60°的电角）。然后将该周期用作下一调制的 60°相位数据。总共 64 个记号包含 60°相位数据。一个记号的时间宽度等于前 60°相位的时间宽度的 1/64。



在上图中，调制波形具有的间隔(1)'等于 HU 上升沿到前一个周期的 HW (1) 下降沿之间的时间宽度。同样，调制波形具有的间隔(2)'等于 HW 下降沿到前一周期的 HV (2) 上升沿之间的时间宽度。如果下一沿在 64 个记号结束之前不出现，接下来的 64 个记号与下一个周期相等，直到下一沿出现。

对霍尔信号的每个零交叉点进行霍尔信号和调制波形之间的相位匹配。对于每 60 电角度，在霍尔信号的每个上升沿和下降沿上重置调制。因此，当霍尔传感器移位或电机加速或减速时，每次重置时调制波形变得不连续。

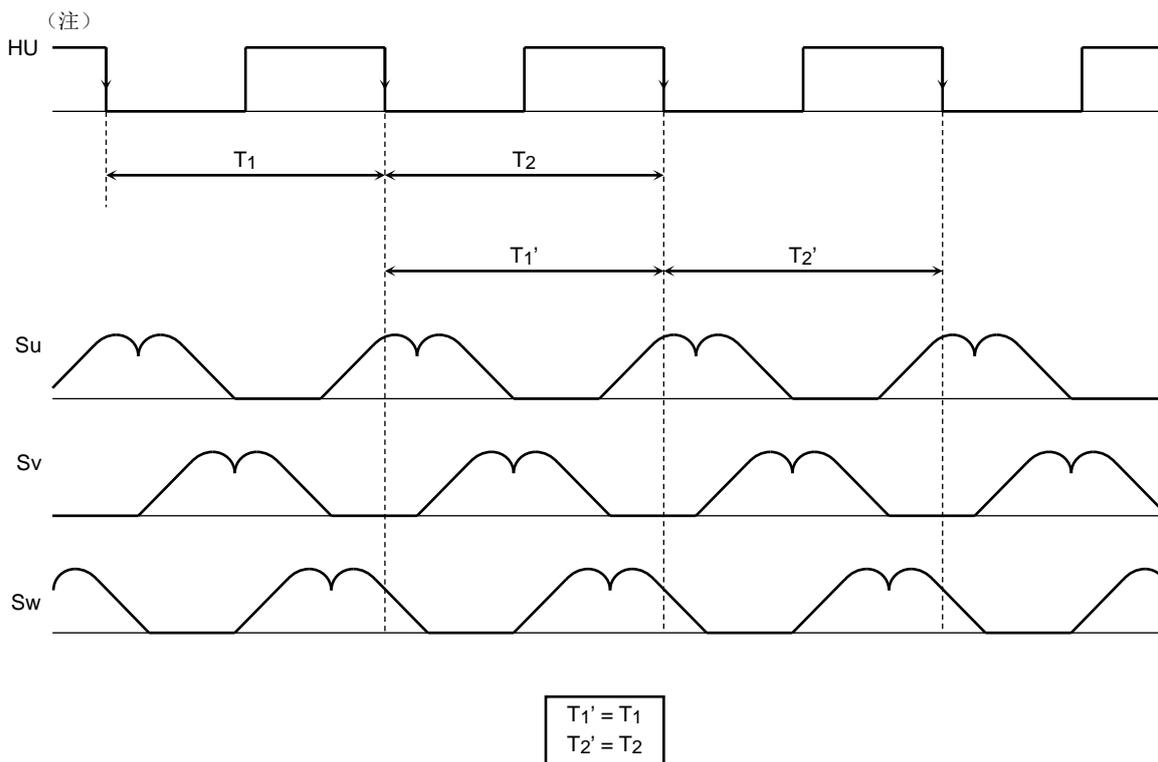


注：为了简单起见，上图中使用了方波。

#### (2) 正弦波(360°)重置

对霍尔传感器生成的霍尔信号进行调制，并将调制后的波形与三角波形进行比较，产生正弦 PWM 波形。计数器测量从 HU 下降沿到其下一个下降沿（上升沿）的周期（对应于 360°的电角）。然后将该周期用作下一调制的 360°相位数据。

总共 384 个记号包含 360°相位数据。一个记号的时间宽度等于前 360°相位的时间宽度的 1/384。



在上图中，调制波形具有的间隔( $T_1'$ )等于 HU 下降沿到前一个周期的下一个 HU ( $T_1$ ) 上升沿之间的时间宽度。如果下一沿在  $T_1'$  结束之前不出现，接下来的  $T_1'$  数据与下一个周期相等，直到下一沿出现。

对于每 360 电角度，在霍尔信号的每个下降沿上重置调制。因此，当电机加速或减速时，每次重置时调制波形变得不连续。

注：为了简单起见，上图中使用了方波。

## 8. 错误检测

### (1) 过流保护(IDC 引脚)

在正弦波驱动中, 如果 IDC 引脚电压超过内部基准电压 (0.5 V (典型值)), 则换向信号被迫输出低电平。对每个载波频率释放电流限制。

注: 在自动超前角设置 (InPAC) 中, 当限流 (IDC pin 功能) 在输出电流的零交叉检测点工作时, 角度由限流功能引导。请参阅 LA 引脚设置的说明。

在方波驱动中, 如果 IDC 引脚电压超过内部基准电压 (0.5 V (典型值)), 则上相信号 (UH、VH、WH) 被迫输出低电平。下相信号 (UL、VL、WL) 根据时序图中所示的霍尔信号输出。对每个载波频率释放电流限制。

### (2) 错误检测正输入 (RES 引脚)

当低电平输入到 RES 引脚时, 换向输出被禁用。当高电平输入到 RES 引脚时, 在每个载波频率和换向重新启动后, 检测功能被禁用。

在停止模式下 (当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ , 旋转频率 $<1\text{Hz}$ ),  $V_{SP}$  超过一定值 (A 模式: 2.1V, B 模式: 0.2V) 后重新启动换向, 且刷新功能运行 1.5ms (条件:  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ )。

在旋转模式下 (当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ , 旋转频率 $\geq 1\text{Hz}$ ),  $V_{SP}$  超过一定值 (A 模式: 2.1V, B 模式: 0.2V) 后重新启动换向。

在重置过程中, 内部计数器工作, 输出 FG 信号。

### (3) 错误检测负输入 (RESX 引脚)

当高电平输入到 RESX 引脚时, 换向输出被禁用。当低电平输入到 RESX 引脚时, 在每个载波频率和换向重新启动后, 检测功能被禁用。

在停止模式下 (当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ , 旋转频率 $<1\text{Hz}$ ),  $V_{SP}$  超过一定值 (A 模式: 2.1V, B 模式: 0.2V) 后重新启动换向, 且刷新功能运行 1.5ms (条件:  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ )。

在旋转模式下 (当  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ , 旋转频率 $\geq 1\text{Hz}$ ),  $V_{SP}$  超过一定值 (A 模式: 2.1V, B 模式: 0.2V) 后重新启动换向。

在重置过程中, 内部计数器工作, 输出 FG 信号。

### (4) 异常霍尔信号保护

当霍尔信号 (内部霍尔放大器输出) 全部为高电平或全部为低电平时, 换向信号输出低电平 (即门驱动禁止保护)。在这些信号被设置到其它任何组合时, 换向重新启动。

当所有霍尔输入 (HUP、HUM、HVP、HVM、HWP、HWM) 都设置为开路时, 换向信号输出低电平 (即门驱动禁止保护)。在这些信号被设置到其它任何组合时, 换向重新启动。

正弦波 PWM 驱动中的霍尔信号 (内部霍尔放大器输出) 具有板条结构。

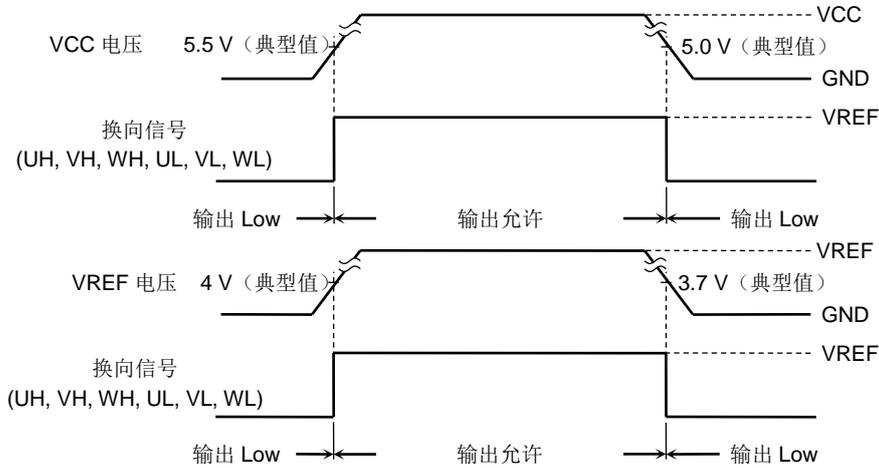
因此, 如果霍尔信号的输出与期望值的逻辑不同, 则保持先前状态。因此, 如果产生轻微的噪声和颤振, 就不会发生故障。

(5) 欠电压锁定 (VCC 监视器和 VREF 监视器)

在上电或下电期间的工作电压超出额定范围时, 换向输出会被设置为低电平, 以防止外电源元件因短路而受损。

当  $V_{SP}$  超过一定值 (A 模式: 2.1V, B 模式: 0.2V) 时, 刷新功能被激活 1.5ms (条件:  $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ ), 换向重新启动。

但是, 由于返回电源的顺序与上电顺序相对应, 电路变得不稳定, 且不能保证运行。



### 9. 电机堵转检测

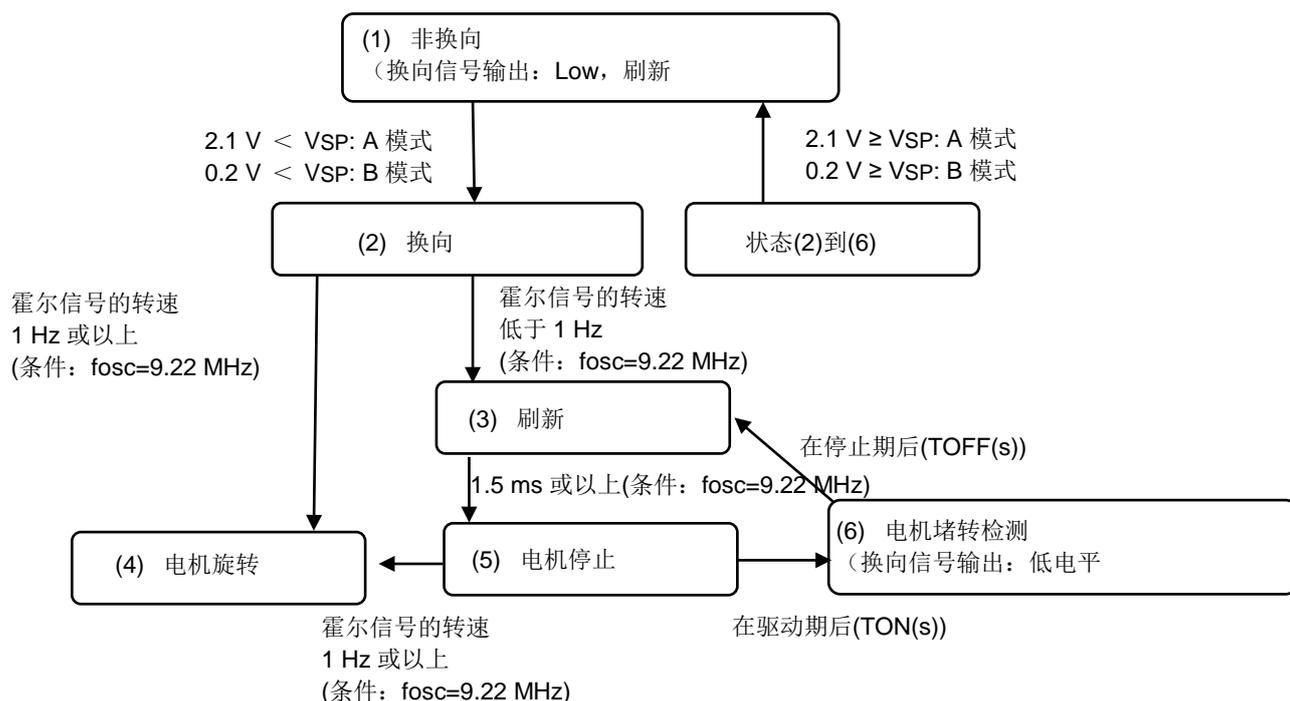
当电机不旋转时，尽管 VSP 超过一定值（A 模式：2.1 V，B 模式：0.2 V）但是在驱动期（TON (s)）过后检测到电机继续停止，电机堵转检测功能将停止换向信号输出。

电机堵转检测不断重复运行在驱动模式和停止模式之间。驱动期：停止期（TOFF(s)）之比为 1:6。

在驱动期（TON (s)）中，当以切换顺序输入两个霍尔输入信号沿并且时间小于 0.167s（条件：fosc=9.22MHz）时，电机处于旋转状态并且释放堵转检测状态。

当施加一定值或更小的 VSP（A 模式：2.1V，B 模式：0.2V）时，执行重置并释放电机堵转检测。

在停止期（TOFF (s)）后，刷新功能被激活 1.5 ms（条件：fosc=9.22 MHz）。之后，换向重新启动。



#### <设置方法>

驱动模式和停止模式（换向输出=低电平）的周期可由 TR 引脚的外部电容（TRC1）配置。其可以计算如下：

$$\text{驱动期 (TON(s))} = \text{TRC1} \times (\text{VHTR} - \text{VLTR}) \times 2 / I \times 500 \text{ 计数}$$

$$\text{停止期 (TOFF(s))} = \text{TRC1} \times (\text{VHTR} - \text{VLTR}) \times 2 / I \times 3000 \text{ 计数}$$

示例：当 TRC1 为 0.01 μF, I(ICTR, IDTR) = 3 μA (典型值), VHTR = 3 V (典型值), VLTR = 1.5 V (典型值)。则 TON(s) = 5 s (典型值) 和 TOFF(s) = 30 s (典型值)。

## &lt; TR 引脚外部电容使用范围及电机检测堵转特性 &gt;

| 项目         | 符号   | 最小值   | 典型值        | 最大值   | 单位 | 备注                       |
|------------|------|-------|------------|-------|----|--------------------------|
| TR 引脚外部电容值 | TRC1 | 470 p | 0.01 $\mu$ | —     | F  | 如果电容被设置为小于最小值，则开路检测可以工作。 |
| 电机堵转检测频率   | FTR  | —     | 100        | 2.1 k | Hz | —                        |
| 电机堵转检测启用周期 | TON  | 0.23  | 5          | —     | s  | —                        |
| 电机堵转检测禁用周期 | TOFF | 1.4   | 30         | —     | s  | —                        |

Note1: 当 TR 引脚为开路时，电机堵转检测状态通过开路检测保持（换向信号=低电平）。

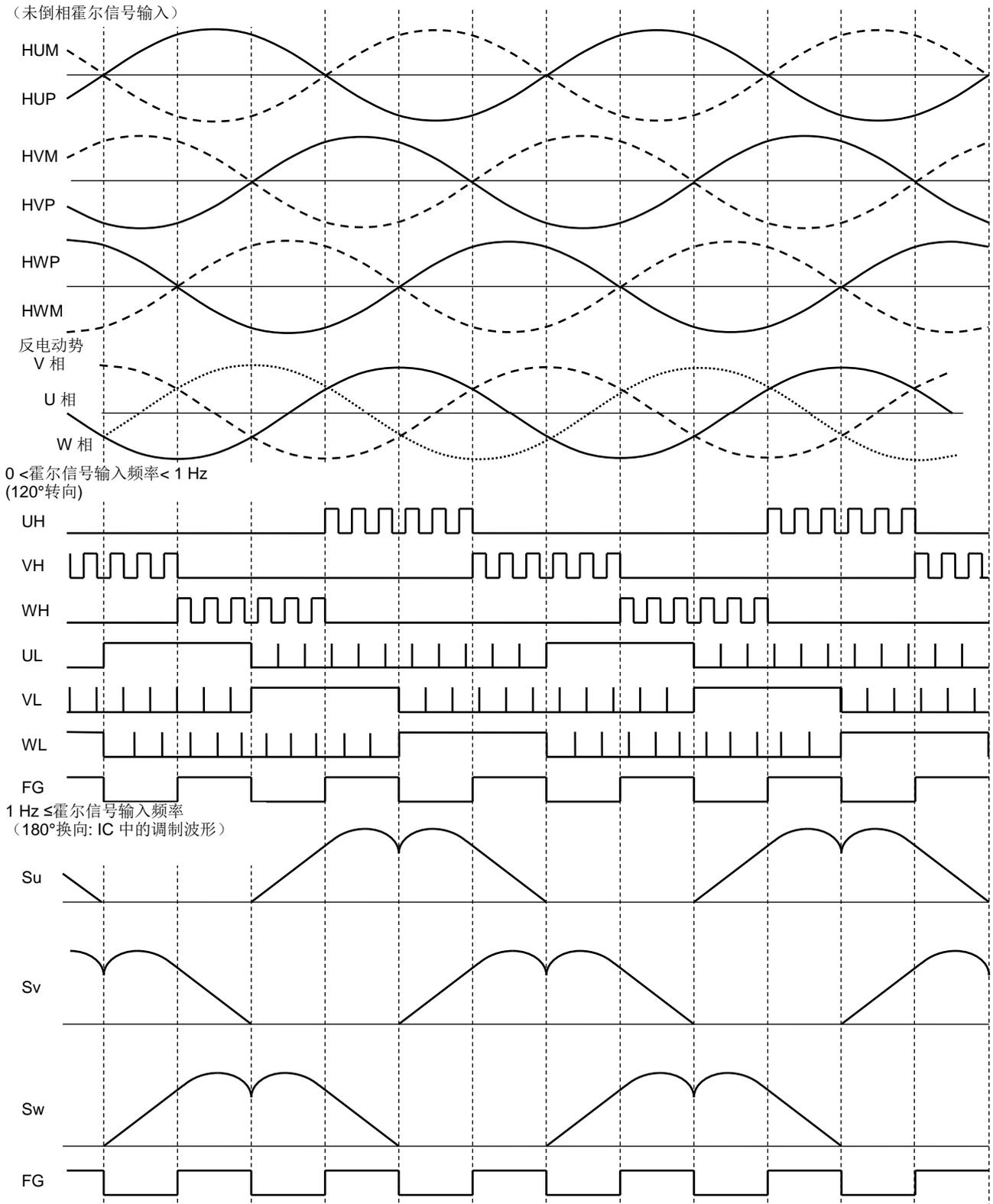
Note2: 当 TR 引脚连接到 GND 时，电机堵转检测被禁用。

## 10. 正向/反向旋转

使用 CWCCW 引脚可切换电机旋转方向。时序图如下所示；

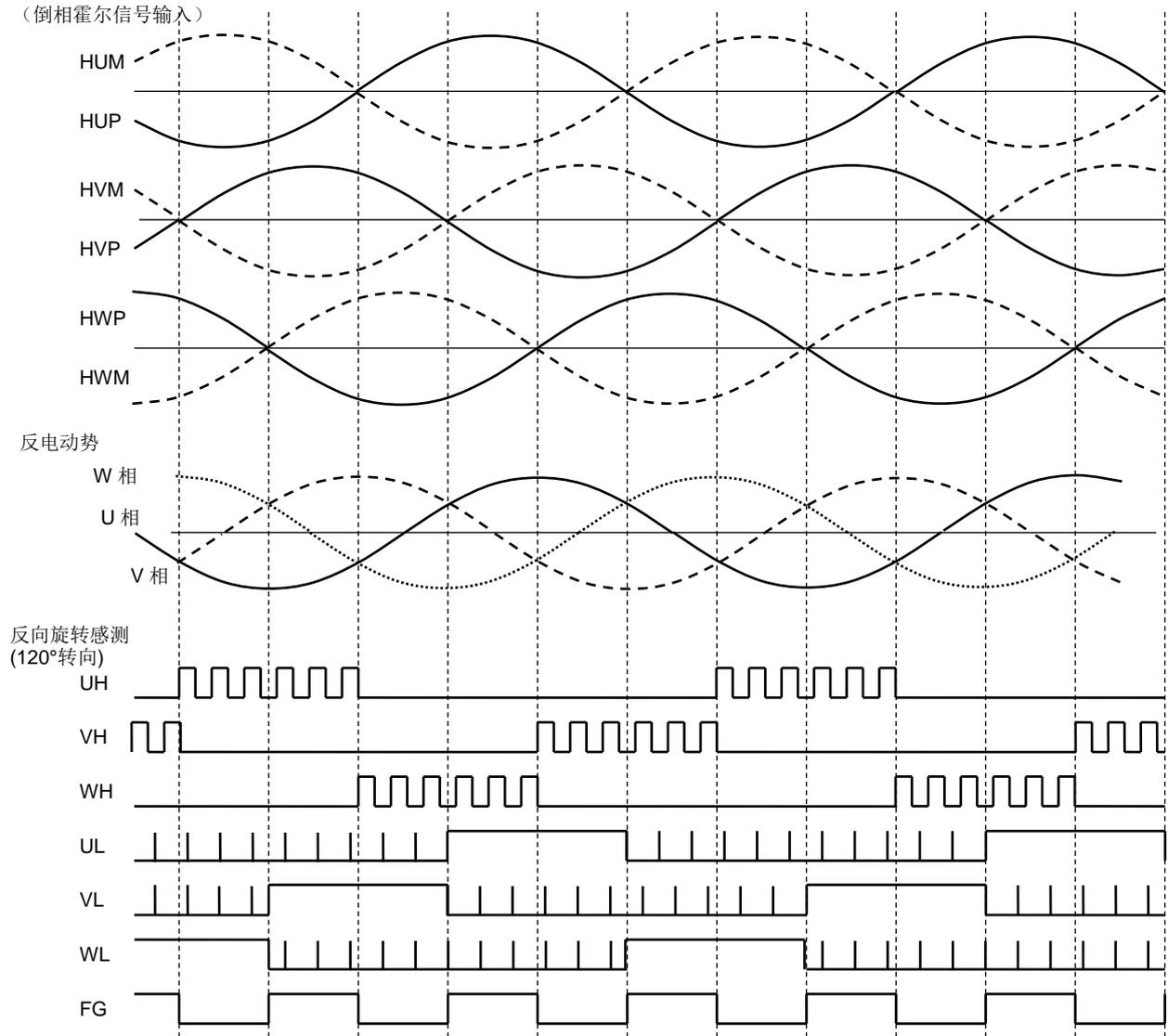
| CWCCW              | 霍尔信号输入 | 驱动方式   | 时序图 |
|--------------------|--------|--------|-----|
| 高<br>(反向旋转)        | 正向     | 120°换向 | (4) |
|                    | 反向     | 正弦波驱动  | (3) |
| Low/Open<br>(正向旋转) | 正向     | 正弦波驱动  | (1) |
|                    | 反向     | 120°换向 | (2) |

(1) 正弦波驱动时序图：正向旋转，未倒相霍尔信号输入，超前角=0°  
(CWCCW = Low, FGC = GND)



注：当霍尔信号输入频率为 1Hz 或以上（条件： $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ ）时，激活超前角控制。  
以上时序图被简化以便说明该器件的功能与特性。

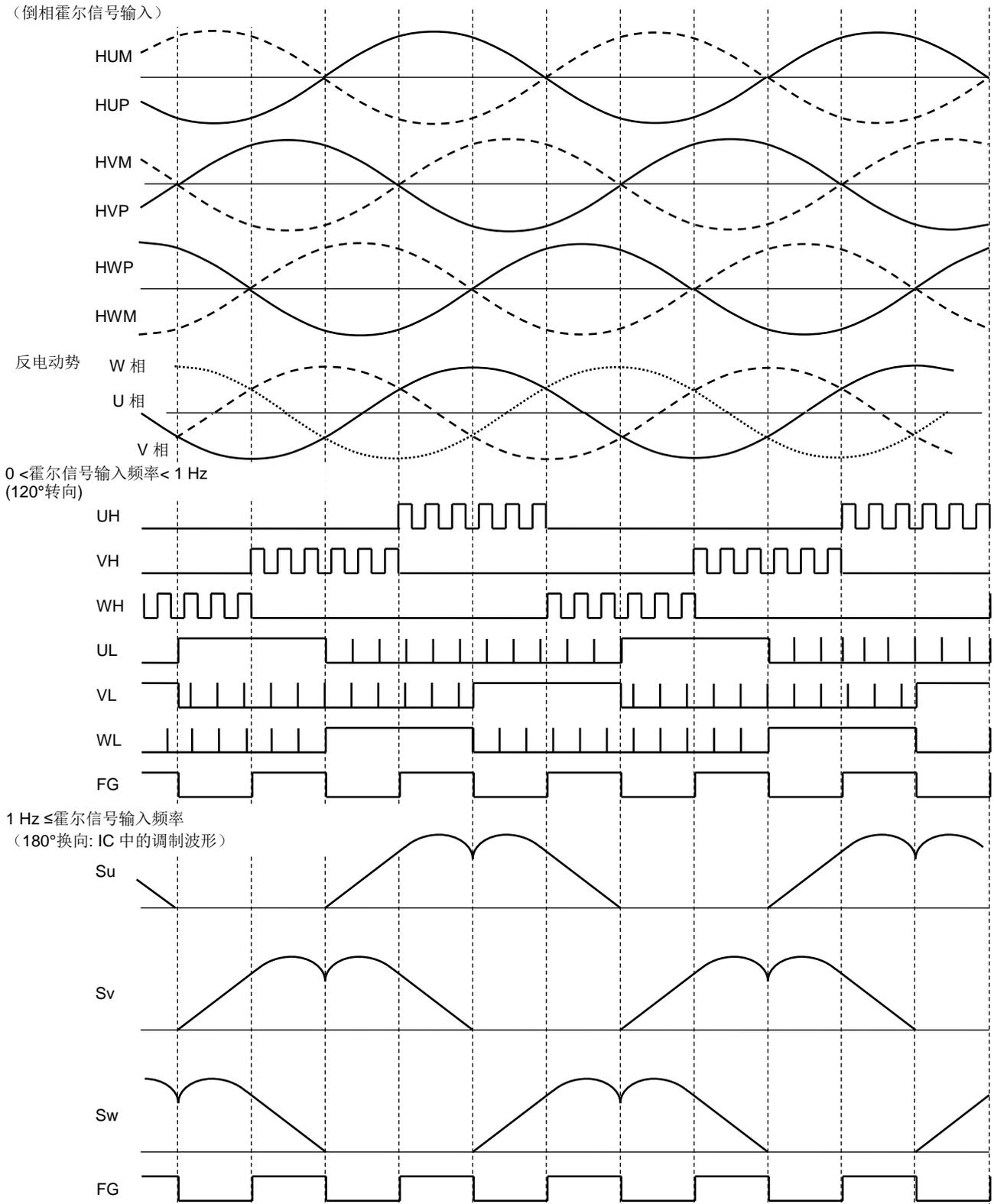
(2) 120°换向驱动时序图：正向旋转，倒相霍尔信号输入  
(CWCCW = Low, FGC = GND)



注：当 CWCCW=Low 和倒相霍尔信号被输入时，IC 以 120°换相模式工作，超前角为 0°（反向旋转）。

以上时序图被简化以便说明该器件的功能与特性。

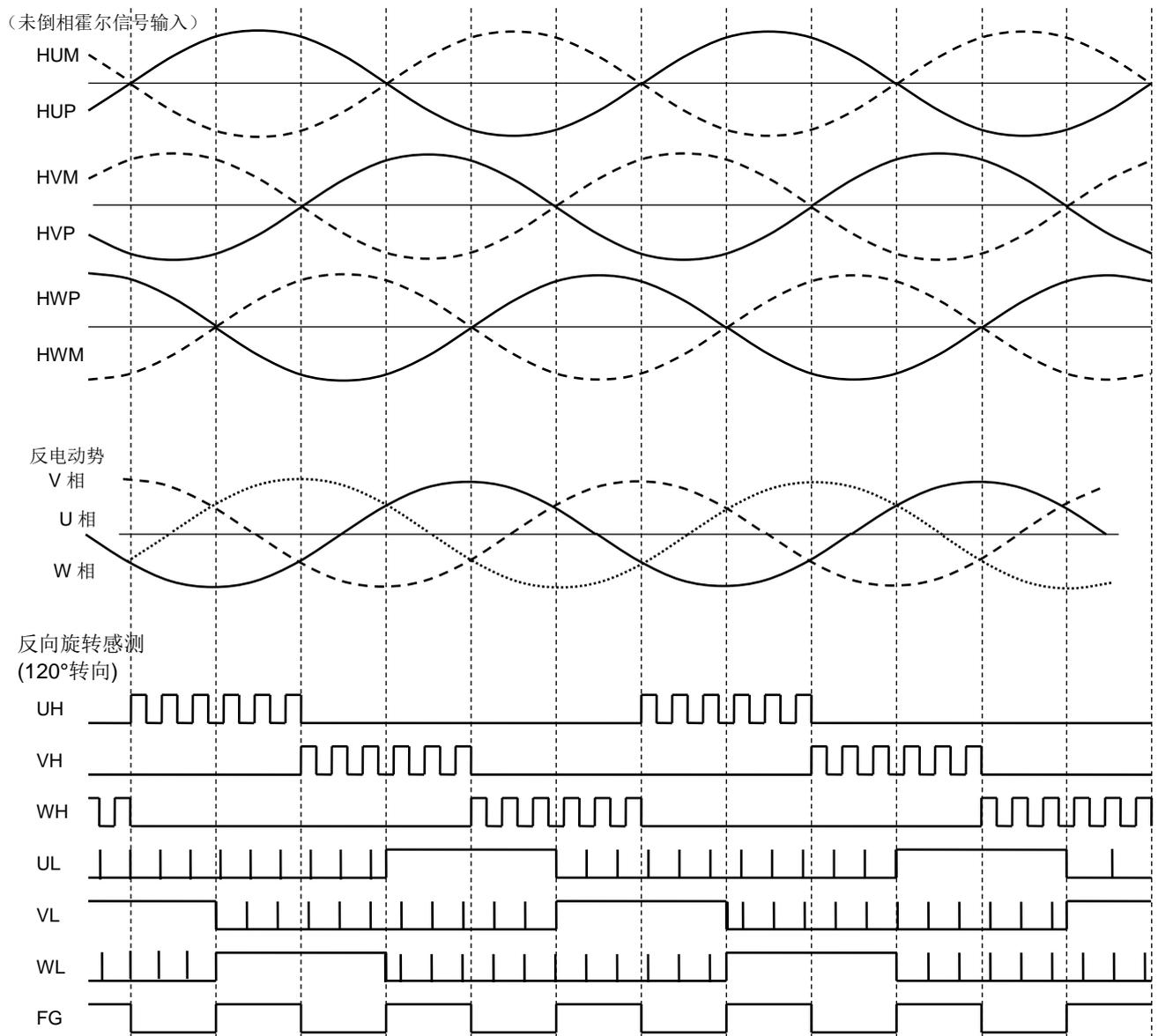
**(3) 正弦波驱动时序图：反向旋转，倒相霍尔信号输入，超前角=0°  
(CWCCW = High, FGC = GND)**



注：当霍尔信号输入频率为 1Hz 或以上（条件：fosc=9.22MHz）时，激活超前角控制。

以上时序图被简化以便说明该器件的功能与特性。

**(4) 120°换向驱动时序图：反向旋转，未倒相霍尔信号输入  
(CWCCW = High, FGC = GND)**

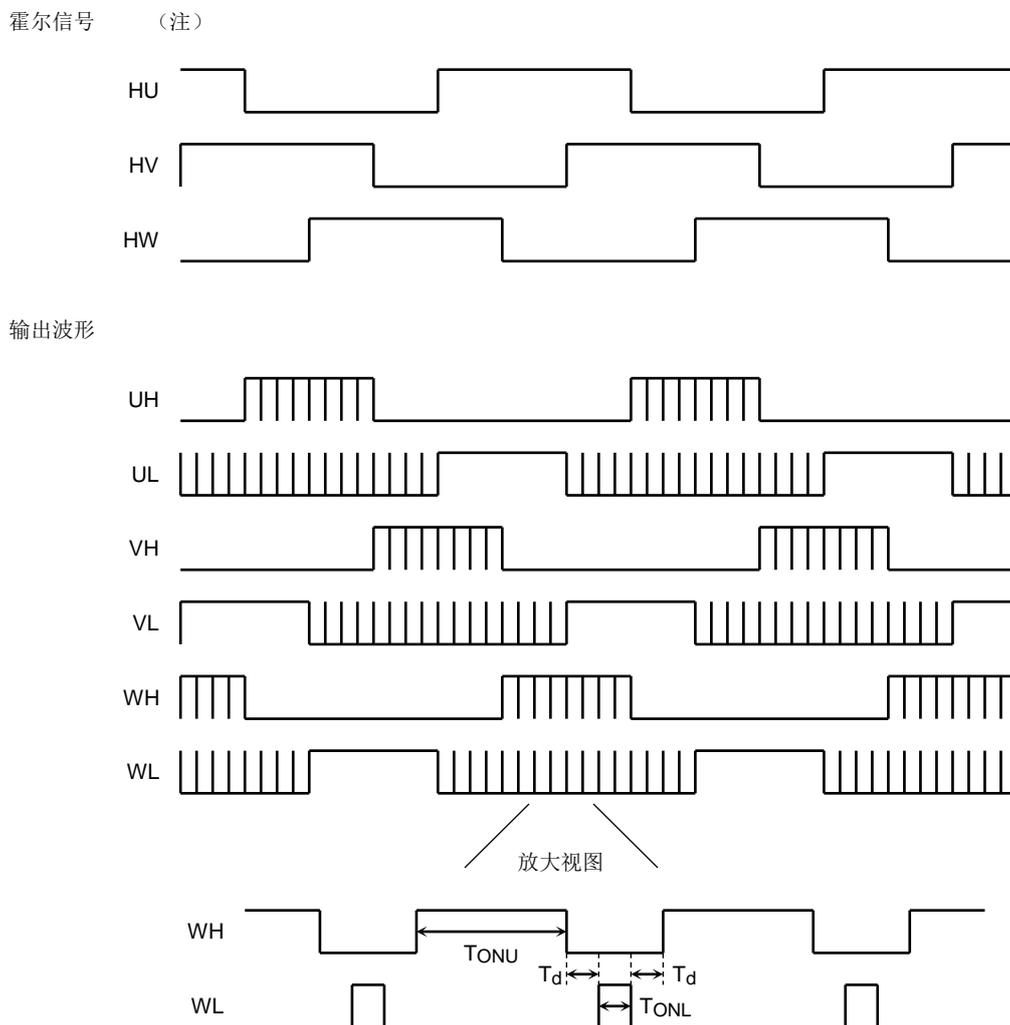


注：当 CWCCW=High 和未倒相霍尔信号被输入时，IC 以 120°换相模式工作，超前角为 0°（反向旋转）。

以上时序图被简化以便说明该器件的功能与特性。

### 11. 驱动波形描述

#### <120°方波驱动波形(CWCCW = Low)>



注：为了简单起见，上图中使用了方波。

如要获得足够的自举电压，低侧输出（UL、VL、WL）在每个载波周期内持续开启，甚至在 OFF 期间也是如此。如以上放大视图所示，高侧输出（UH、VH、WH）有一个死区时间，并在低侧输出的 ON 定时时关闭。

载波频率 =  $f_{osc}/512$  (Hz)

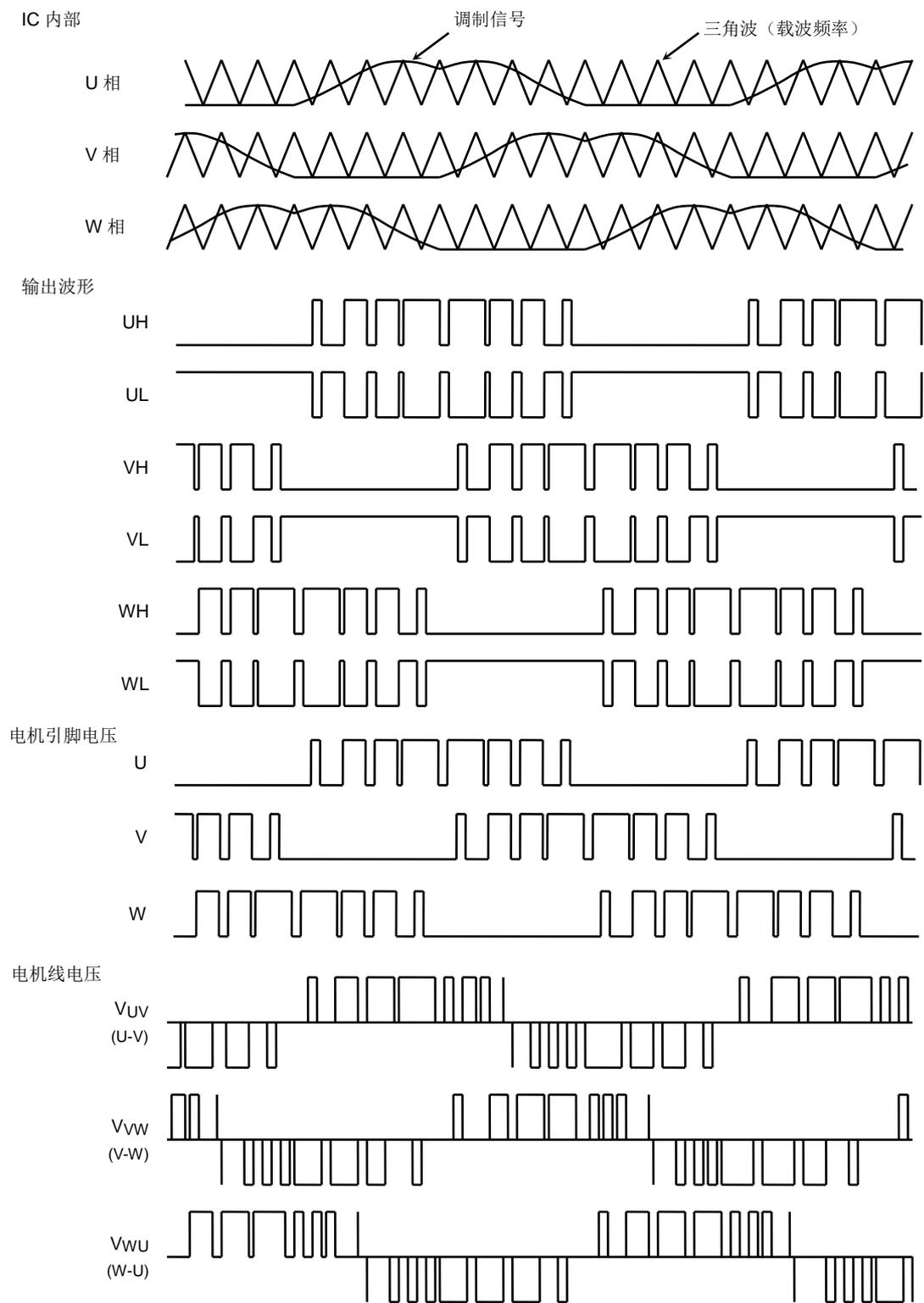
死区时间:  $T_d = 18/f_{osc}$ (s)

$T_{ONL}$  = 载波周期 × 8% (s) (恒定，不受  $V_{SP}$  输入影响)

在方波驱动模式下，电机转速由  $V_{SP}$  和  $T_{ONU}$  的导通占空比控制。

注：启动时，当霍尔信号频率小于 1Hz（条件： $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ ）且电机旋转方向与配置相反时，电机由方波驱动。

### <正弦波 PWM 驱动波形(CWCCW = Low)>



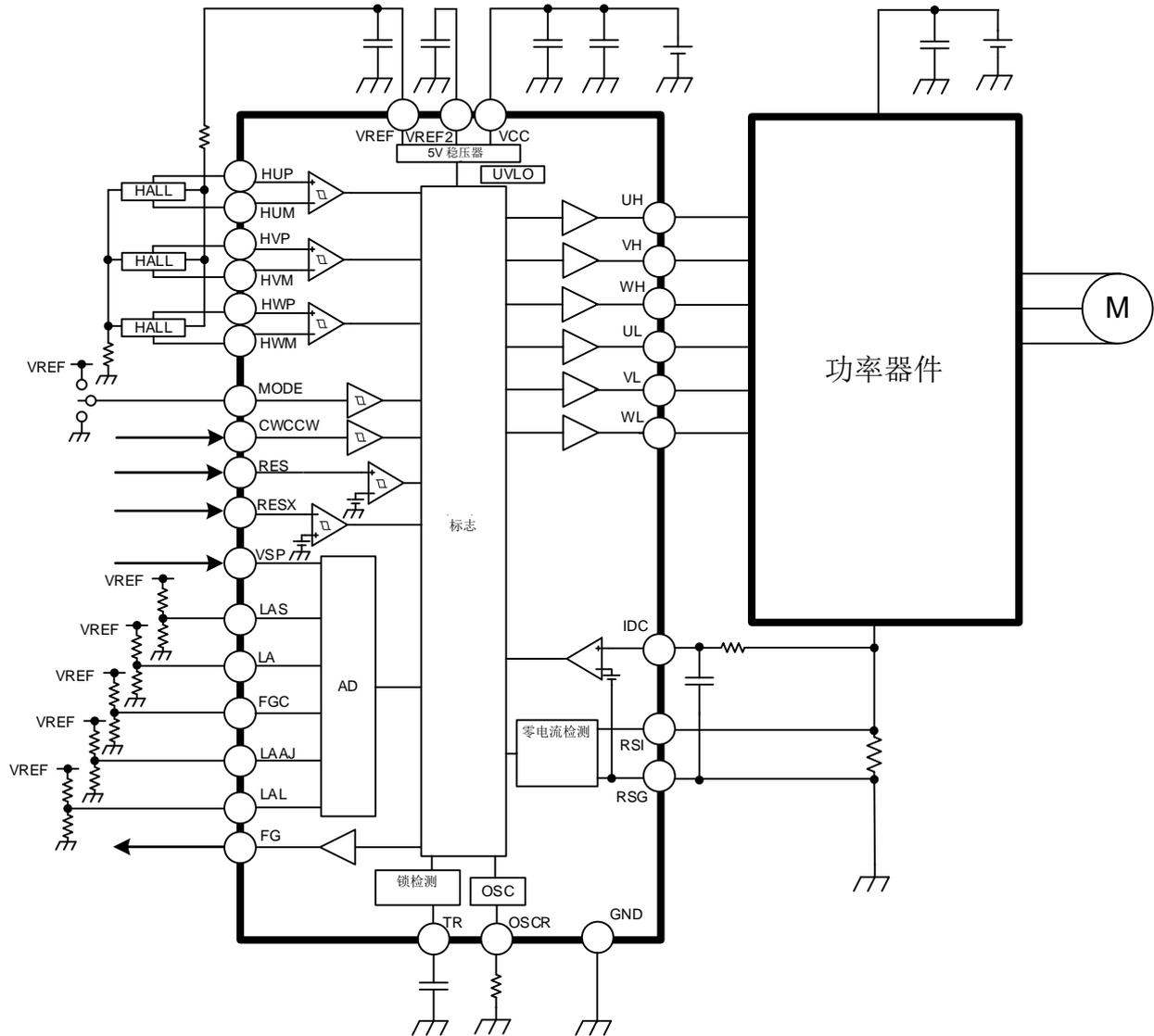
在正弦波驱动模式下，电机速度由改变调制信号幅度的 VSP 控制，以及由输出波形的导通占空比控制。

三角波频率=载波频率= $f_{osc} / 512$  (Hz)

注：启动时，当霍尔信号频率为 1Hz 或以上（条件： $f_{osc}=9.22\text{MHz}$ ）且电机旋转方向与配置相同时，电机由正弦波驱动。

### 应用电路示例

出于解释目的，可能忽略或简化部分功能块，电路或常数。本文所示应用电路仅供参考。在大规范生产设计阶段，必须进行  
全面评估。应用电路示例的规定不授予任何工业产权许可。

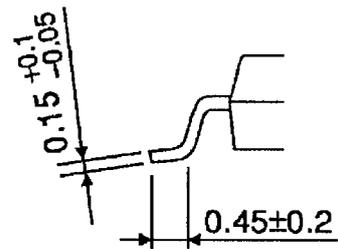
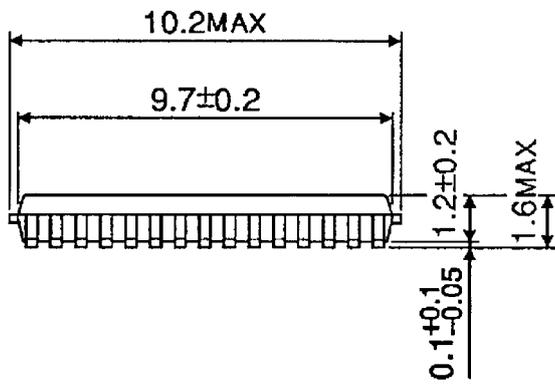
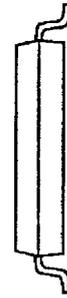
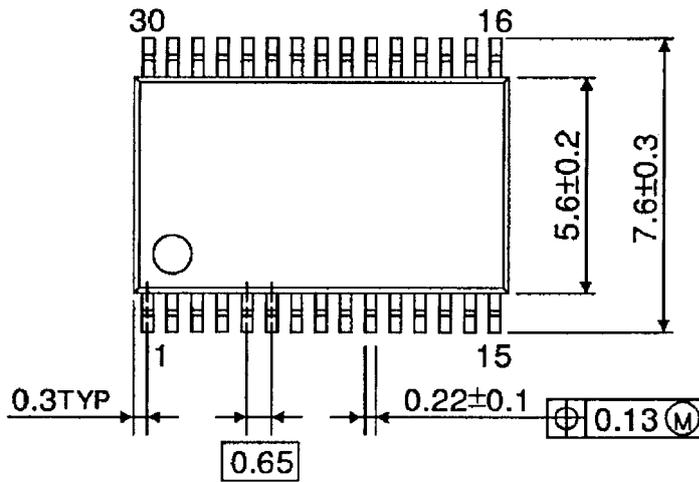


注：RESX 引脚和 VREF2 引脚仅用于 TC78B042FTG。

封装尺寸

SSOP30-P-300-0.65

单位: mm





## 内容注解

### 1. 方块图

出于解释目的，可能忽略或简化部分功能块，电路或常数。

### 2. 等效电路

出于解释目的，可能简化等效电路图或忽略其中的一部分。

### 3. 时序图

出于解释目的，可能简化时序图。

### 4. 应用电路

本文所示应用电路仅供参考。在大规范生产设计阶段，必须进行全面评估。  
东芝不因提供这些应用电路示例而授予任何工业产权许可。

## IC 使用注意事项

### IC 处理注意事项

- (1) [半导体装置绝对最大额定值为一组在任何时候都不得超过的额定值。严禁超过这些额定值。否则会造成装置击穿，损坏或退化，并因爆炸或燃烧而使人受伤。
- (2) 应使用适当的电源保险丝，以确保在出现过电流和/或 IC 故障时，大电流随即中断。当在超过绝对最大额定值的条件下使用，接线路径不对，或者在接线或负载处产生异常脉冲噪声而造成大电流持续通过时，IC 会被完全击穿，并导致烟雾或起火。为了尽量减小击穿时大电流流过的影响，必须进行适当的设置，例如保险丝容量，熔断时间及插入电路的位置。
- (3) 如果贵公司的设计包含马达线圈等感性负荷，则设计中应纳入一个保护电路，以防止该装置因受到上电时突入电流所形成电流，以及下电时反电动势所导致负电流的影响而发生故障或击穿。进而造成伤害、烟雾或起火。  
应使用带 IC 的具有内置保护功能的稳定电源。若电源不稳定，保护功能可能不工作而造成 IC 击穿。进而造成伤害、烟雾或起火。
- (4) 不得按错误的方向或不正确的方式插入装置。  
保证电源的正负极端子接线正确。  
否则电流消耗或功耗会超过绝对最大额定值而造成装置击穿、损坏或变坏，并因爆炸或燃烧而使人受伤。此外，严禁使用插错方向或插入错误的任何装置，哪怕对其施加电流只有一次。

### IC 处理要点

(1) 过流保护电路

过流保护电路（简称限流电路）不一定能在所有情况下对 IC 进行保护。若过流保护电路在过流下工作，应立即消除过流状态。

视使用方法及使用条件而定，超过绝对最大额定值会造成过流保护电路不能正常工作或者造成 IC 在工作前击穿。此外，视使用方法及使用条件而定，若在工作后过电流继续长时间流过，IC 会发热而造成击穿。

(2) 热辐射设计

在使用流过大电流 IC 时（例如，功率放大器，调节器或驱动器），请设计适当的散热装置，保证在任何时间和情况下不会超过规定的接点温度（T<sub>J</sub>）。这些 IC 甚至在正常使用时会发热。对于 IC 散热不足的设计，会造成 IC 特性变差或击穿。此外，在设计装置时，请考虑 IC 散热对外围部件的影响。

(3) 反电动势

当马达突然反转，停止或放慢时，由于反电动势的影响，电流会回流到马达电源。若电源的电流吸收能力小，装置的马达电源和输出引脚就会存在超过绝对最大额定值的风险。为了避免出现这种问题，在系统设计中应考虑反电动势的影响。

## RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

Toshiba Corporation and its subsidiaries and affiliates are collectively referred to as "TOSHIBA".

Hardware, software and systems described in this document are collectively referred to as "Product".

- TOSHIBA reserves the right to make changes to the information in this document and related Product without notice.
- This document and any information herein may not be reproduced without prior written permission from TOSHIBA. Even with TOSHIBA's written permission, reproduction is permissible only if reproduction is without alteration/omission.
- Though TOSHIBA works continually to improve Product's quality and reliability, Product can malfunction or fail. Customers are responsible for complying with safety standards and for providing adequate designs and safeguards for their hardware, software and systems which minimize risk and avoid situations in which a malfunction or failure of Product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property, including data loss or corruption. Before customers use the Product, create designs including the Product, or incorporate the Product into their own applications, customers must also refer to and comply with (a) the latest versions of all relevant TOSHIBA information, including without limitation, this document, the specifications, the data sheets and application notes for Product and the precautions and conditions set forth in the "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" and (b) the instructions for the application with which the Product will be used with or for. Customers are solely responsible for all aspects of their own product design or applications, including but not limited to (a) determining the appropriateness of the use of this Product in such design or applications; (b) evaluating and determining the applicability of any information contained in this document, or in charts, diagrams, programs, algorithms, sample application circuits, or any other referenced documents; and (c) validating all operating parameters for such designs and applications. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR CUSTOMERS' PRODUCT DESIGN OR APPLICATIONS.**
- **PRODUCT IS NEITHER INTENDED NOR WARRANTED FOR USE IN EQUIPMENTS OR SYSTEMS THAT REQUIRE EXTRAORDINARILY HIGH LEVELS OF QUALITY AND/OR RELIABILITY, AND/OR A MALFUNCTION OR FAILURE OF WHICH MAY CAUSE LOSS OF HUMAN LIFE, BODILY INJURY, SERIOUS PROPERTY DAMAGE AND/OR SERIOUS PUBLIC IMPACT ("UNINTENDED USE").** Except for specific applications as expressly stated in this document, Unintended Use includes, without limitation, equipment used in nuclear facilities, equipment used in the aerospace industry, lifesaving and/or life supporting medical equipment, equipment used for automobiles, trains, ships and other transportation, traffic signaling equipment, equipment used to control combustions or explosions, safety devices, elevators and escalators, and devices related to power plant. **IF YOU USE PRODUCT FOR UNINTENDED USE, TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR PRODUCT.** For details, please contact your TOSHIBA sales representative or contact us via our website.
- Do not disassemble, analyze, reverse-engineer, alter, modify, translate or copy Product, whether in whole or in part.
- Product shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable laws or regulations.
- The information contained herein is presented only as guidance for Product use. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringement of patents or any other intellectual property rights of third parties that may result from the use of Product. No license to any intellectual property right is granted by this document, whether express or implied, by estoppel or otherwise.
- **ABSENT A WRITTEN SIGNED AGREEMENT, EXCEPT AS PROVIDED IN THE RELEVANT TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR PRODUCT, AND TO THE MAXIMUM EXTENT ALLOWABLE BY LAW, TOSHIBA (1) ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, SPECIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES OR LOSS, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, LOSS OF PROFITS, LOSS OF OPPORTUNITIES, BUSINESS INTERRUPTION AND LOSS OF DATA, AND (2) DISCLAIMS ANY AND ALL EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AND CONDITIONS RELATED TO SALE, USE OF PRODUCT, OR INFORMATION, INCLUDING WARRANTIES OR CONDITIONS OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ACCURACY OF INFORMATION, OR NONINFRINGEMENT.**
- Do not use or otherwise make available Product or related software or technology for any military purposes, including without limitation, for the design, development, use, stockpiling or manufacturing of nuclear, chemical, or biological weapons or missile technology products (mass destruction weapons). Product and related software and technology may be controlled under the applicable export laws and regulations including, without limitation, the Japanese Foreign Exchange and Foreign Trade Law and the U.S. Export Administration Regulations. Export and re-export of Product or related software or technology are strictly prohibited except in compliance with all applicable export laws and regulations.
- Please contact your TOSHIBA sales representative for details as to environmental matters such as the RoHS compatibility of Product. Please use Product in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR DAMAGES OR LOSSES OCCURRING AS A RESULT OF NONCOMPLIANCE WITH APPLICABLE LAWS AND REGULATIONS.**