

### 振弦模块模拟信号与对应频率值的转换

振弦模块可以将测量到的振弦传感器频率值转换为模拟信号输出，不同的产品具有不同的模拟信号类型、输出范围的特性。

振弦类产品“频率-模拟信号输出”特性汇总表

产品型号	模拟信号输出范围	DAO_TH 默认值	频率范围 (Hz)	输出引脚
VM501	电压 0~3300mV	0x2100	0~3300	DAO 相对于 GND
VM511	电压 0~3300mV	0x2100	0~3300	DAO1 相对于 GND
	电压 0~6600mV			DAO2 相对于 GND
	电流 0~20mA			DAO1 流向 DAO2
VTI104	电流 0~20mA	0x1400	0~2000	电压或者电流输出 电压信号均是 IOSx 相对于 GND 电流信号均是 IOSx 流向 GND
	电压 0~5V			
	电压 0~10V			
VD416	电流 0~20mA	0x1400	0~2000	
	电压 0~5V			
	电压 0~10V			
模拟信号范围和对应的频率范围是线性关系。				
DAO_TH 是设备的一个寄存器（参数），关于此寄存器的详细信息请参见产品说明书。				

为了便于公式书写，使用符号代替文字来表示一些数值

模拟信号范围用  $A_{lower}$  和  $A_{upper}$  表示（单位为 mV、V 或者 mA），对应的频率范围用  $F_{lower}$  和  $F_{upper}$  表示（单位为 Hz），每个单位模拟信号值用  $A_{unit}$  表示，每个单位频率值用  $F_{unit}$  表示，当前模拟信号值用  $A_{cur}$  表示，当前频率值用  $F_{cur}$  表示。

因为模拟信号与频率之间是线性关系，故有  $A_{unit} = \frac{1}{F_{unit}}$

$$A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper} - A_{lower}}$$

$$F_{unit} = \frac{A_{upper} - A_{lower}}{F_{upper} - F_{lower}}$$

例：

若模拟信号输出范围为 0~20mA，频率范围是 0~3300Hz，则每 1mA 对应的频率是  $A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper} - A_{lower}} =$

$\frac{3300Hz - 0Hz}{20mA - 0mA} = \frac{3300Hz}{20mA} = 165Hz/mA$ ，即：每 mA 代表 165Hz，则  $F_{unit} = \frac{1}{165} = 0.00606mA/Hz$ ，每 Hz 对应 0.00606mA。

同样，可以推导出当前模拟信号值对应的频率值计算公式为：

$$F_{cur} = F_{lower} + (A_{cur} - A_{lower}) \times A_{unit}$$

上式变换一下，可得到当前频率对应的模拟信号值公式为：

$$A_{cur} = \frac{F_{cur} - F_{lower} + A_{lower} \times A_{unit}}{A_{unit}} = A_{lower} + (F_{cur} - F_{lower}) \times F_{unit}$$

举例：

若模拟输出信号为 0~20mA，对应频率范围为 0~2000Hz，采集到当前输出电流为 15mA，则对应的频率值为：

$$A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper} - A_{lower}} = \frac{2000Hz - 0Hz}{20mA - 0mA} = \frac{2000Hz}{20mA} = 100Hz/mA$$

$$F_{cur} = F_{lower} + (A_{cur} - A_{lower}) \times A_{unit} = 0Hz + (15mA - 0mA) \times \frac{100Hz}{mA} = 15mA \times \frac{100Hz}{mA} = 1500Hz$$

若模拟输出信号为 0~5V，对应频率范围为默认 0~2000Hz，则采集到的电压（3.5V）对应的频率值为：

$$A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper} - A_{lower}} = \frac{2000Hz - 0Hz}{5000mV - 0mV} = \frac{2000Hz}{5000mV} = 0.4Hz/mV$$

$$F_{cur} = F_{lower} + (A_{cur} - A_{lower}) \times A_{unit} = 0Hz + (3500mV - 0mV) \times \frac{0.4Hz}{mV} = 3500mV \times \frac{0.4Hz}{mV} = 1400Hz$$

上面的计算，将模拟信号单位以 V 计算，结果是完全相同的，只要在计算过程中统一单位就可以，如下：

$$A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper} - A_{lower}} = \frac{2000Hz - 0Hz}{5V - 0V} = \frac{2000Hz}{5V} = 400Hz/V$$

$$F_{cur} = F_{lower} + (A_{cur} - A_{lower}) \times A_{unit} = 0Hz + (3.5V - 0V) \times \frac{400Hz}{V} = 3.5V \times \frac{400Hz}{V} = 1400Hz$$

公式的简化

若模拟信号输出范围中下限为 0 时，上述公式可以进一步简化为

$$\begin{aligned} A_{unit} &= \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper}} \\ F_{unit} &= \frac{A_{upper}}{F_{upper} - F_{lower}} \\ F_{cur} &= F_{lower} + A_{cur} \times A_{unit} \\ A_{cur} &= \frac{F_{cur} - F_{lower}}{A_{unit}} = (F_{cur} - F_{lower}) \times F_{unit} \end{aligned}$$

计算上例 1

$$A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper}} = \frac{2000Hz - 0Hz}{20mA} = 100Hz/mA$$

$$F_{cur} = F_{lower} + A_{cur} \times A_{unit} = 0Hz + 15mA \times \frac{100Hz}{mA} = 1500Hz$$

计算上例 2

$$A_{unit} = \frac{F_{upper} - F_{lower}}{A_{upper}} = \frac{2000Hz - 0Hz}{5000mV} = 0.4Hz/mV$$

$$F_{cur} = F_{lower} + A_{cur} \times A_{unit} = 0Hz + 3500mV \times \frac{0.4Hz}{mV} = 1400Hz$$

公式进一步简化

若模拟信号输出范围中下限为 0 时，且对应的频率范围下限也为 0 时，上述公式可以进一步简化为

$$\begin{aligned} A_{unit} &= \frac{F_{upper}}{A_{upper}} \\ F_{unit} &= \frac{A_{upper}}{F_{upper}} \\ F_{cur} &= A_{cur} \times A_{unit} \end{aligned}$$

$$A_{cur} = \frac{F_{cur}}{A_{unit}} = F_{cur} \times F_{unit}$$

计算上例 1

$$A_{unit} = \frac{F_{upper}}{A_{upper}} = \frac{2000Hz}{20mA} = 100Hz/mA$$

$$F_{cur} = A_{cur} \times A_{unit} = 15mA \times \frac{100Hz}{mA} = 1500Hz$$

计算上例 2

$$A_{unit} = \frac{F_{upper}}{A_{upper}} = \frac{2000Hz}{5000mV} = 0.4Hz/mV$$

$$F_{cur} = A_{cur} \times A_{unit} = 3500mV \times \frac{0.4Hz}{mV} = 1400Hz$$

通常情况下，产品在出厂时会设置模拟信号对应的频率下限为 0，所以适用简化公式，计算公式汇总如下

产品型号	模拟信号输出范围	DAO_TH 默认值	频率范围(Hz)	频率计算公式
VM501	电压 0~3300mV	0x2100	0~3300	频率 Hz=电压 mV*100
VM511	电压 0~3300mV	0x2100	0~3300	频率 Hz=电压 mV*100
	电压 0~6600mV			频率 Hz=电压 mV*50
	电流 0~20mA			频率 Hz=电流 mA*165
VTI104	电流 0~20mA	0x1400	0~2000	频率 Hz=电流 mA*100
	电压 0~5V			频率 Hz=电压 V*400
	电压 0~10V			频率 Hz=电压 V*200
VD416	电流 0~20mA	0x1400	0~2000	频率 Hz=电流 mA*100
	电压 0~5V			频率 Hz=电压 V*400
	电压 0~10V			频率 Hz=电压 V*200
注意：此表公式为指定参数值条件下的简化示意，使用时应以实际参数值按照完整公式计算为准。				

本文档旨在说明模拟信号与频率值之间的计算原理。  
 产品出厂参数若有变化，此文档可能不会及时更新。  
 不确定是否可以简化时，务必以完整公式计算为准。

河北稳控科技股份有限公司  
 2023 年 12 月 12 日