

ACM6763 三相 180° 正弦, 无感, 无刷电机驱动

1. 功能

- 工作电压范围: 4.5V to 32V. 支持车载 40V 抛负载操作.
- 上侧 MOS + 下侧 MOS: 180mΩ, 4.8A 峰值输出电流能力
- 180° 正弦驱动, 低噪声
- 无感运行, 无需外部电流检测电阻
- 内部集成 5V 和 3.3V LDO
- FG 管脚 速度指示
- Fault 指示
- VCC 电压检测, I²C 上报
- 内部结温 I²C 上报
- 相电流实时检测, 实时 I²C 上报
- 刹车控制
 - BRAKE 管脚刹车控制
 - I²C 接口: 刹车命令
- 4 种灵活的速度控制方式
 - 特定的速度控制管脚 SPEED: 接受外部模拟电压调速或者 PWM 占空比调速或者外部 Clock 调速
 - I²C 寄存器控制调速
- 保护功能
 - 过流保护
 - 堵转保护
 - 过压/欠压保护
 - 过温保护
 - 电压防倒灌 (防过冲) 机制
- 静态电流 (待机模式下): 150 uA, 通过 I²C 速度命令 (速度配置为零) 且外部 SPEED 管脚电压为零
- 静态电流 (休眠模式下): 20uA, 通过外部 SPEED 管脚电压变高唤醒

2. 应用

- 风扇类电机驱动
- 水泵类电机驱动
- 其他较恒定负载类应用

3. 简要介绍

ACM6763 是一款三相无刷直流电机驱动芯片, 内部集成无感三相无刷电机驱动算法、相电流检测电流电路、栅极驱动电路以及功率 MOS 管. 支持最大 4.8A 的相电流. ACM6763 的高集成度以及精简外围特别适用于高功率密度、小尺寸、静音要求高的三相无刷电机驱动器应用场景.

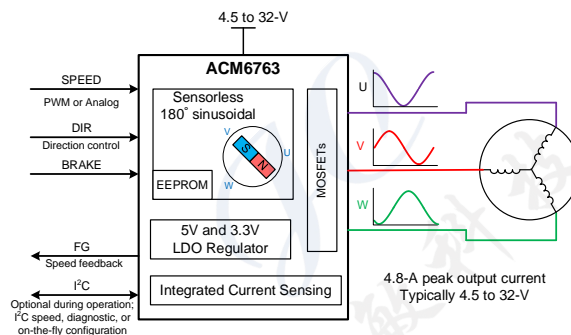
ACM6763 支持 180° 正弦驱动, 有效避免因高次谐波导致的电磁音干扰

ACM6763 可以根据用户提供的电机参数进行有效启动、加速以及恒转速运行. 用户参数可以通过烧写长期固定 (硬件模式, 内部 EEPROM 编程烧写) 或者通过 I2C 在线控制 (软件模式, 通过 I2C 寄存器进行参数初始化或者在线控制).

ACM6763 支持多种速度控制. 外部 PWM 占空比调速、外部模拟电压调速、I2C 寄存器调速以及外部 PWM 频率调速. ACM6763 支持多种保护机制用来保护自身以及外部电机.

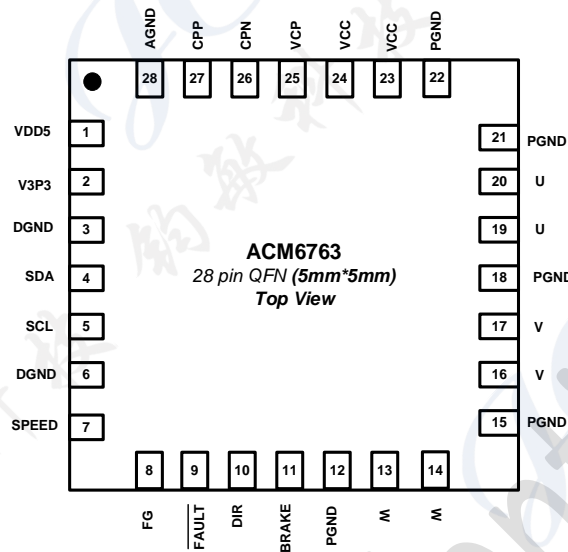
4. 器件信息

Part number	Package	Body size
ACM6763	QFN (28)	5 mm × 5 mm



简易原理图

5. 管脚定义以及管脚功能描述



Pin No.	Name	Type	Description
1	VDD5	Power	内部 5V LDO 输出. 该电压从 VCC 电压转换而来. 用来给内部模拟电路和内部 3.3V LDO 供电. 如果需要给外部电路供电, 该 5V LDO 的外部输出电流能力在 30mA.
2	V3P3	Power	内部 3.3V LDO 输出. 该电压从 5V LDO 输出电压转换而来. 用来给内部数字电路和接口供电. 如果需要给外部电路供电, 该 3.3V LDO 的外部输出电流能力在 15mA.
3	DGND	Ground	数字地
4	SDA	Input/Output	I ² C 数据信号. 该管脚工作在 5V 域.
5	SCL	Input	I ² C 时钟信号. 该管脚工作在 5V 域.
6	DGND	Ground	数字地
7	SPEED	Input	调速管脚. 可以支持模拟电压调速或者 PWM 占空比调速或者 Clock 调速. 模拟电压调速满转速在 3.0V. 该管脚兼容 VCC 域.
8	FG	Output	电机运转速度指示信号. 可以配置为电周期输出或者机械周期输出. 内部为集电极开漏输出, 外部上拉电阻兼容 3.3V-32V 电压范围.
9	/FAULT	Output	Fault 上报, FAULT 发生后该管脚为低电平输出, 内部为集电极开漏输出, 外部上拉电阻兼容 3.3V-32V 电压范围.
10	DIR	Input	电机运转的方向控制 低电平, 电压相序为 OUT A->OUT B->OUT C 高电平, 电压相序为 OUT A->OUT C->OUT B 通过外部上拉电阻上拉到 3.3V 或者 5V 或者通过外部控制器内部的上拉电阻上拉 设置为高电平. 外部直接接地或者通过外部控制器内部的下拉电阻设置为低电平.
11	BRAKE	Input	刹车控制管脚 高电平->刹停电机 低电平->正常运转 通过外部上拉电阻上拉到 3.3V 或者 5V 通过外部控制器内部的上拉电阻上拉 设置为高电平. 外部直接接地或者通过外部控制器内部的下拉电阻设置为低电平.
12, 15, 18, 21, 22	PGND	Ground	模拟地
13, 14	W	Output	连接电机 W 相
16, 17	V	Output	连接电机 V 相
19, 20	U	Output	连接电机 U 相
23, 24	VCC	Power	供电电源管脚
25	VCP	Power	电荷泵输出. 通过一个 X5R 或者 X7R, 1μF, 额定电压 16-V 及以上的陶瓷电容跨接在 VCP 和 VCC 管脚之间

26	CPN	Power	电荷泵的开关节点. 通过一个 X5R 或者 X7R, 0.1 μ F 的陶瓷电容跨接在 CPP 和 CPN 管脚之间. 该电容额定电压保证至少在 ACM6763 工作电压的两倍.
27	CPP	Power	
28	AGND	GND	模拟地
Thermal Pad	-	GND	散热焊盘. 需要接地.

6. 系列产品对比

Device Name	VDD	Control Type	Sensor	Output Current	Package
ACM6763	4.5V ~ 32V	180° sinusoidal	Sensor-less	4.8A	QFN28
ACM6753	5V ~ 18V	180° sinusoidal	Sensor-less	3.2A	QFN24

7. 产品规格

7.1 绝对耐压

绝对耐压是器件能允许的最大范围电压，在这种宽电压下只保证器件不损坏，并不保证功能、性能正常。操作范围说明参考备注⁽¹⁾

		MIN	MAX	UNIT
输入电压 ⁽²⁾	VCC	-0.3	45	V
	SPEED	-0.3	VCC	
	PGND, AGND, DGND	-0.3	0.3	
	SCL, SDA	-0.3	5.5	
	BRAKE	-0.3	5.5	
	DIR	-0.3	5.5	
输出电压	U, V, W	-1	32	V
	VDD5	-0.3	7	
	V3P3	-0.3	4	
	FG	-0.3	VCC	
	VCP	-0.3	V _(VCC) +5	
	CPP	-0.3	V _(VCC) +5	
	CPN	-0.3	30	
结温允许工作范围, T _{J,MAX}		-40	150	°C
T _{stg}	储藏温度	-55	150	°C

(1) 超过表中所列的电压、温度范围可能导致永久性的损坏。所列最大、最小电压只是极限压力测试，并不能保证该电压下芯片工作正常，芯片正常工作的允许操作电压、温度范围参见“推荐的操作电压、温度范围”。

(2) 所列所有电压的参考点均为 GND，为电压节点与 GND 之间的压差。

7.2 允许的 ESD 范围

			VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, all pins ⁽¹⁾	+/- 6000	V
		Charged-device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101, all pins ⁽²⁾	+/- 1500	

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

(2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

7.3 推荐的操作电压、温度范围

所列参数均基于表格中所列的推荐温度范围。

		MIN	NOM	MAX	UNIT
供电电压	VCC	4.5	12	32	V
	U, V, W, FG, SPEED	-0.7		35	V
电压操作范围	SCL, SDA, DIR, BRAKE, FAULT	-0.1	3.3	5.5	V
	PGND, AGND, DGND	-0.1		0.1	V
T _A	Ambient Operating Temperature	-40		125	°C

7.4 热阻参数

THERMAL METRIC		QFN	UNIT
		28 PINS	
R _{θJA}	Junction-to-ambient thermal resistance, 2-side PCB, 1-in. ² copper	40	°C/W

7.5 电气参数

所列参数均基于文中所推荐温度范围。

参数	测试条件	最小	典型	最大	单位	
供电电流						
I _{VCC} (VCC 上电流)	Hi-Z 模式	T _A =25°C; SPEED = 0 V; V _(VCC) =12V;		8.5		mA
	Standby Mode (待机模式) (软件模式下使用, I ² C 控制)	T _A =25°C; SPEED = 0 V; V _(VCC) =12V;		55	65	
	Sleep Mode (休眠模式) (硬件模式下使用, EFUSE 烧写)	T _A =25°C; SPEED = 0 V; V _(VCC) =12V;		20	30	μA
OVLO (过压保护门限)						
OVLO_R	V _{CC} 过压保护门限	Rise Threshold, T _A = 25°C		36		V
OVLO_F		Fall Threshold, T _A = 25°C		34		
UVLO (欠压保护门限)						
UVLO_R	V _{CC} 欠压保护门限	Rise Threshold, T _A = 25°C		4.3		V
UVLO_F		Fall Threshold, T _A = 25°C		4.1		
LDO OUTPUT (内部 LDO 输出)						
VDD5	T _A = -40°C~125°C		4.0	5	5.2	V
V3P3	T _A = -40°C~125°C		3	3.3	3.6	
INTEGRATED MOSFET (内部功率 MOS 管)						
R _{DS(ON)} 导通电阻	导通电阻 (上管 + 下管)	T _A =25°C; V _(VCC) =12V; V _(VCP) =17V		0.2		Ω
		T _A =85°C; V _(VCC) =12V; V _(VCP) =17V		0.26		
SPEED – ANALOG MODE (SPEED pin 模拟电压调速模式)						
V _{ANA_FS}	全速下对应的 SPEED pin 电压			V _(V3P3) × 0.9		V
V _{ANA_ZS}	速度降为 0 的阈值			100		mV
T _{SAM}	模拟电压调速的采样周期			320		μS
V _{ANA_RES}	模拟电压调速的分辨率			5.8		mV
SPEED – PWM DIGITAL MODE (SPEED pin PWM 占空比调速模式)						
V _{DIG_IH}	PWM 输入高电平判决门限		2			V
V _{DIG_IL}	PWM 输入低电平判决门限			0.6		V
f _{PWM}	PWM 输入频率范围		0.1		100	kHz
STANDBY MODE (待机模式, 软件模式下使用)						
V _{EN_SB}	模拟电压调速下 SPEED pin 进入待机模式的电压门限	SPEED_CTRL_MODE=0 (analog mode)	30			mV
V _{EX_SB}	模拟电压调速下 SPEED pin 退出待机模式的电压门限		120			mV
t _{EX_SB_ANA}	模拟电压调速下, 退出待机模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=0 (analog mode), SPEED > V _{EX_SB}		1		ms
t _{EN_SB_ANA}	模拟电压调速下, 进入待机模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=0 (analog mode), SPEED < V _{EN_SB}		5		ms
t _{EX_SB_PWM}	PWM 调速模式下, 退出待机模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=1 (PWM mode), SPEED > V _{DIG_IH}		1		ms
t _{EN_SB_PWM}	PWM 调速模式下, 进入待机模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=1 (PWM mode), SPEED < V _{DIG_IL}		5		ms

参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
SLEEP MODE (休眠模式, 硬件模式下使用)					
V _{EN_SL}	模拟电压调速下 SPEED pin 进入休眠模式的电压门限	SPEED_CTRL_MODE=0 (analog mode)	30		mV
V _{EX_SL}	模拟电压调速下 SPEED pin 退出休眠模式的电压门限		2.2	3.3	V
t _{EX_SL_ANA}	模拟电压调速下, 退出休眠模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=0 (analog mode), SPEED > V _{EX_SB}		5	ms
t _{EN_SL_ANA}	模拟电压调速下, 进入休眠模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=0 (analog mode), SPEED < V _{EN_SB}		5	ms
t _{EX_SL_PWM}	PWM 调速模式下, 退出休眠模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=1 (PWM mode), SPEED > V _{DIG_IH}		5	ms
t _{EN_SL_PWM}	PWM 调速模式下, 进入休眠模式的时间	SPEED_CTRL_MODE=1 (PWM mode), SPEED < V _{DIG_IL}		5	ms
DIGITAL I/O (DIR, BRAKE, FG)					
V _{DIR_H}	DIR pin (方向控制管脚) 输入高电平判决门限		2.2		V
V _{DIR_L}	DIR pin (方向控制管脚) 输入低电平判决门限			0.6	V
V _{BRAKE_H}	BRAKE pin (刹车管脚) 输入高电平判决门限		2.2		V
V _{BRAKE_L}	BRAKE pin (刹车管脚) 输入低电平判决门限			0.6	V
I _{FG_SINK}	Output sink current 输出吸电流能力	V _{OUT} = 0.3V	5		mA
I²C SERIAL INTERFACE					
V _{I2C_H}	I ² C 高电平判决门限		2.2		V
V _{I2C_L}	I ² C 低电平判决门限			0.6	V
LOCK DETECTION RELEASE TIME					
T _{LOCK_OFF}	堵转保护释放时间 (保护持续时间)	释放时间可以通过 I ² C 寄存器调整	0.4	25.8	s
T _{LOCK_ENTER}	堵转检测时间 (堵转持续时间超过门限开始堵转保护)			0.3	s
OVERCURRENT PROTECTION					
I _{OC_LIMIT}	过流关断门限	T _A = 25°C; PHASE		6.4	A
LOCK DETECTION CURRENT THRESHOLD					
			0.25	4.8	A
THERMAL SHUTDOWN					
T _{SDN}		Shutdown temperature (过温关断门限)		150	°C
T _{SDN_HYS}	过温关断门限	Hysteresis (迟滞温度, 决定关断后降低到阈值门限以下多少度后恢复输出)		10	°C

8. 功能描述

8.1 整体介绍

ACM6763 是一款内部集成算法、电流检测、功率 MOS 的全集成、三相无刷直流电机驱动芯片，支持高达 4.8A 相电流。该器件特别适用于需要精简外围、静音、低电压(4.5V-32V 范围)且要求高功率密度的直流无刷电机驱动应用场景。

ACM6763 可以通过 I²C 接口进行电机参数烧写或者 I²C 在线控制。工程师在早期调试阶段可以通过 I²C 进行调试，系统调试稳定后可以通过 I²C 进行参数烧写固化(烧写成功后上电可直接通过 PWM 占空比以及模拟电压调速驱动电机运转)或者在系统上有主控芯片的场景下继续用 I²C 进行参数初始化、调速控制。

ACM6763 采用 180 度正弦波控制，电机运转过程中保持极小的转矩波动，静音效果好。

ACM6763 内部集成多种保护机制以及错误保护机制来确保器件可靠性：

1. 防过冲保护功能避免因为电机减速或者刹停过程中倒灌电流导致的 VCC 电容过充。
2. 内部集成相电流检测电阻，实时监控电机相电流避免过大电流烧毁内部 MOS 管。
3. 实时检测电机相电流，电机堵转保护电流门限可调。针对不同的电机和具体应用条件进行门限设置。
4. 对供电电压进行过压和欠压监控。一旦检测到过压(超过 35.7V)或者欠压(低于 4.2V)会将输出功率管关闭以保护芯片。
5. 过温关断。

ACM6763 的内部换相控制算法实时监控电机相电流和当前 VCC 供电电压。内部换相算法通过上述信息实时的预测反电动势。同时 VCC 供电电压信息和相电流信息也可以通过 I²C 寄存器上报，用户可以利用该数据进行调试、诊断或者更高级的系统控制。

ACM6763 接口非常灵活。除了 I²C 接口(硬件模式下用于参数烧写 或者 软件模式下用于控制)外，还有 SPEED 管脚、BRAKE 管脚以及 FG 管脚。

1. SPEED 管脚是调速管脚，可用于模拟电压调速、PWM 占空比调速或者 Clock 频率调速。在 PWM 占空比调速模式下，SPEED 管脚还可以配置为相位 180° 反转模式兼容有些应用场景下输入 PWM 反相的情况。
2. DIR 管脚是方向控制管脚。设置为低电平，电压相序为 OUT A->OUT B->OUT C；设置为高电平，电压相序为 OUT A->OUT C->OUT B。
3. BRAKE 管脚是刹车管脚。高电平，刹停电机；低电平，正常运转。不用刹车功能时将此管脚接地。
4. FG 管脚。用于速度指示，可以配置为输出电周期(换相周期)或者机械周期，具体分频比(相对电频率的分频比)可以设置。

ACM6763 内部集成高可靠性、抗干扰能力强的可反复烧写的 EEPROM，一旦将电机参数和控制参数烧写进 EEPROM，再次上电(或者不掉电情况下退出休眠模式)会自动将 EEPROM 数据导入内部参数寄存器。

用户如果不想烧写，可采用一个外部廉价的 MCU 通过 I²C 对电机参数和控制参数进行初始化，也可用 I²C 寄存器进行调速从而增加灵活性。

8.2 内部系统框图

ACM6763 内部集成算法控制引擎、可编程 EEPROM、采样 ADC、电流检测、5V/3.3V LDO、栅极驱动模块、功率 MOS 管以及各种控制接口。

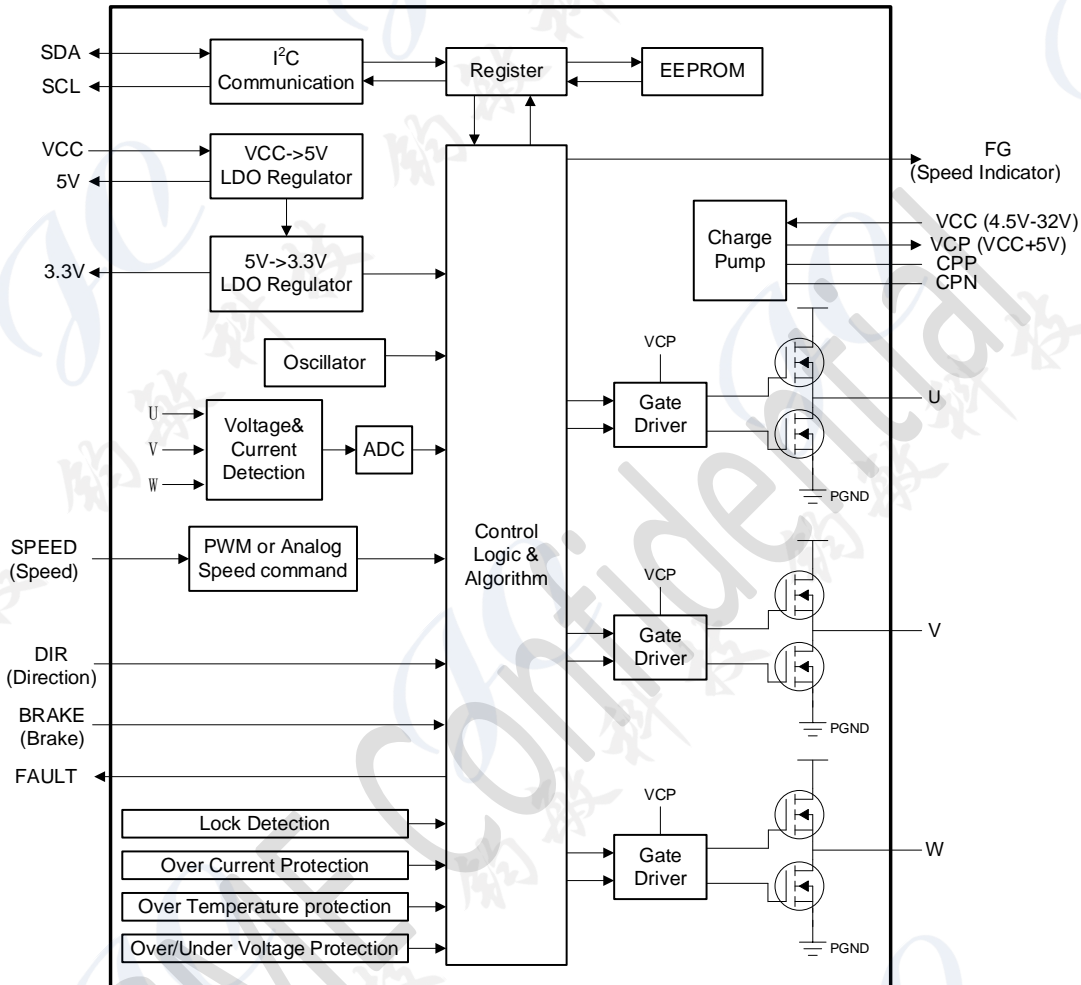


图 1 内部系统框图

8.3 功能模块详细介绍

8.3.1 内部 LDO

ACM6763 内部集成 1 个 5V LDO 和一个 3.3V LDO。5V LDO 输入电压来自 ACM6763 供电电压，3.3V LDO 输入电压来自 5V LDO 输出。5V LDO 和 3.3V LDO 主要用于内部电路供电，但是各自有 35mA 的电流输出能力可供外部电路供电。

5V LDO 输出 和 3.3V LDO 输出必须通过一个 1 μ F 电容连接到 GND。

8.3.2 保护电路

8.3.2.1 过温关断保护

ACM6763 内部集成过温关断功能。一旦检测到内部结温超过 150 °C，芯片关断输出，电机停止运转；持续检测内部温度，直到温度低于 140 °C 后恢复输出，电机重新启动。

过温关断错误报警可以通过 0x03 寄存器的 bit1 上报，如果发生错误，该 bit 置 1。

8.3.2.2 欠压关断保护

ACM6763 内部集成欠压保护模块。欠压保护的迟滞电压是 0.2V。当 VCC 电压低于 4.1V，ACM6763 关断输出，当 VCC 电压重新升高至 4.3V，ACM6763 恢复输出。

欠压关断保护错误报警可以通过 0x03 寄存器的 bit3 上报，如果发生错误，该 bit 置 1。

8.3.2.3 过压关断保护

ACM6763 内部集成过压关断保护模块。过压保护迟滞电压是 2V。当 VCC 电压超过 35.7V 后关断输出，当 VCC 电压降低至 34.7V 之后恢复输出。

过压关断保护错误报警可以通过 0x03 寄存器的 bit2 上报，如果发生错误，该 bit 置 1。

8.3.2.4 过流关断保护

过流关断保护模块实时监控流过功率 MOS 管的电流，一旦发现该电流超过门限 $I_{OC-limit}$ (大约 6.4A 左右)，关断输出。该保护功能可以避免因为三相电机相与相之间短路导致的大电流对芯片的损坏。过流关断保护会一直持续维持输出关断直到外部短路不再发生。

过流关断保护错误报警可以通过 0x03 寄存器的 bit0 上报，如果发生错误，该 bit 置 1。

相比过流关断保护更多的是保护 ACM6763 本身。另外一种与电流保护相关的堵转保护既保护 ACM6763 自身电路也保护电机本体。

ACM6763 可以设置不同的堵转电流保护门限（具体在 0.2A~4.8A 之间调节），调节对应的具体寄存器为 0x30 寄存器的 bit [5:3]。

8.3.2.5 堵转保护

当电机自身机械故障卡死或者因外部负载原因堵转后，流过电机的相电流会急剧上涨，超过堵转电流保护门限后 ACM6763 会关断输出保护电路以及电机本体。保护发生后经过设定的恢复时间（可以通过寄存器 0x39[5:0]来设定，范围在 0.4s~25.8s，例如 0.4s、0.6s、0.8s、1s、1.2s...25.8s），如果电机依旧在堵转状态，ACM6763 会进行下一轮保护，在上述设定的恢复时间内继续关断输出直到下一轮尝试。尝试次数可以通过寄存器 0x38 [7:4]来进行设定。基于这种保护机制，可以有效避免系统因为堵转大电流导致的系统持续发热损坏。

堵转关断保护错误报警可以通过 0x04 寄存器的 bit5 上报，如果发生错误，该 bit 置 1。

堵转保护的电流门限可以在 0.4A~3.2A 之间调节。

8.3.2.6 水泵空载检测

ACM6763 支持水泵空载检测。该功能默认关闭，可以通过寄存器 0x2C 的 bit6 使能。ACM6763 持续的检测水泵电机的电频率和相电流。电频率增大到超过设定的阈值（寄存器 0x41, bit [5:3]），同时电机的相电流低于设定的阈值（寄存器 0x41, bit [2:0]），ACM6763 上报水泵空载检测报错，报错发生后寄存器 0x04 bit [7] 被置 1，同时关闭输出以避免水泵长期在无水情况下空转影响使用寿命，同时也可以节省功耗。另外可以通过寄存器 0x38 [7:4] 设置空载检测次数，超过设定的检测次数后（确认长时间无水）停止尝试。

8.3.3 电机转速控制

ACM6763 提供多种调速方法，每一种调速方法均可以直接影响输出相电压的幅度。第一种最直接的方法就是可以直接改变 ACM6763 的供电电压，在不使能速度环的情况下，供电电压越高，转速越快，供电电压越低，转速越低。在恒定的 VCC 供电电压下，用户有 4 种方法可以调整速度：

1. 用户调整 SPEED 管脚上的输入 PWM 占空比。
2. 用户调整 SPEED 管脚上的模拟电压。
3. 用户调整 SPEED 管脚上的 PWM 输入频率（Clock 调速模式，只有在使能速度环的情况才有效）。
4. 用 I²C 指令进行调速。通过对 0x01 寄存器（MSB）和 0x02 寄存器（LSB），进行调速，511 对应 100% 占空比。

上述速度指令对应的输入占空比可能和输出占空比呈非线性关系，主要原因存在在如下几个场景：1) 防倒灌保护已经被触发；2) 软件限电流功能（0x31 寄存器 bit[3:0]）已经使能，且门限设置较低；

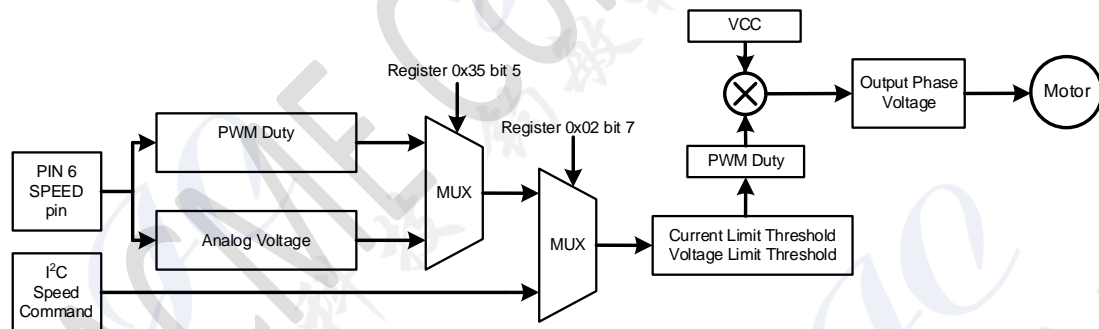


图 2 速度控制

如果单独测量某一相的电压，会发现输出电压波形为含有三次谐波成分的马鞍波。这样的相电压波形作用在两相之间形成的压差为正弦波（如图 3 所示所示）。该调制方式可以在任意两相开关切换的同时，另外一相无需开关切换，从而节省功耗。

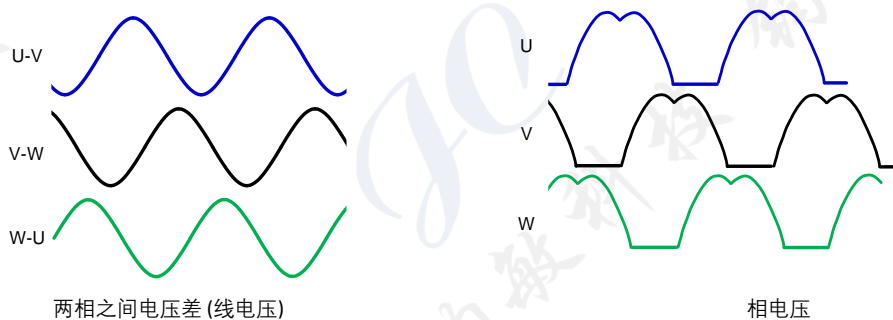


图 3 相电压与线电压波形

ACM6763 输出相电压幅度取决于 VCC 供电和一个电周期内的输出 PWM 最大占空比. 输出 PWM 占空比最大为 100%. 输出相电压的最大输出幅度理论极限为 VCC. 当输出占空比为 50%时, 相电压输出幅度最大为 VCC/2.

8.3.4 休眠或者待机模式

ACM6763 支持两种低功耗模式, 一种是待机模式 (Standby), 一种是休眠模式 (Sleep).

将 0x2c 寄存器的 bit1 设置为 0, 选择芯片的低功耗模式为待机模式 (Standby Mode); 将 0x2c 寄存器的 bit1 设置为 1, 选择芯片的低功耗模式为休眠模式 (Sleep Mode);

1) 待机模式行为描述

待机模式下输出功率管关断, 电机停止运转, 但是内部数字电路保持工作, VCC 上电流控制在 150uA 以内. 待机模式下 ACM6763 内部 I²C 模块处于工作状态, 外部控制器依旧可以通过 I²C 总线和 ACM6763 进行通信 (通过 I²C 寄存器进行对 ACM6763 实施唤醒).

进入待机模式的方法是 (前提条件是 0x2c 寄存器的 bit1 设置为 0):

1. 在 I²C 调速控制模式下, 将 SPEED 管脚设置为低电平, 同时用 I²C 指令将速度设置为 0;
2. 在 PWM 或者外部模拟电压调速模式下, 将 SPEED 管脚设置为低电平.

在 I²C 调速控制模式下, 必须选择待机模式, 因为只有在这种低功耗模式下, 芯片才支持 I²C 指令唤醒.

退出待机模式的方法 (前提条件是 0x2c 寄存器的 bit1 设置为 0):

1. 方法 1, 在 I²C 调速控制模式下, 用 I²C 指令将速度设置为非 0 值;
2. 方法 2, 外部模拟电压调速模式下, 将 SPEED 管脚电压设置为超过 1V.
3. 方法 3, 外部 PWM 占空比调速模式下, 有 PWM 波形低电平到高电平的跳变出现.

2) 休眠模式行为描述

休眠模式下输出功率管关断, 电机停止运转, 同时内部数字电路也停止工作, VCC 电流控制在 20uA 以内. 如果用户希望用 I²C 进行调速或者控制, 不能选择休眠模式, 否则一旦进入休眠模式 (关闭内部数字电路) 后, 无法通过 I²C 进行唤醒.

进入休眠模式的方法 (前提条件是 0x2c 寄存器的 bit1 烧写成 1):

1. 方法 1, 外部模拟电压调速模式下, SPEED pin 管脚设置为 0.
2. 方法 2, 外部 PWM 占空比调速模式下, 占空比为 0, SPEED pin 管脚设置为 0.

退出休眠模式的方法 (前提条件是 0x2c 寄存器的 bit1 烧写成 1):

1. 方法 1, 外部模拟电压调速模式下, SPEED pin 管脚设置为超过 1V 电压.
2. 方法 2, 外部 PWM 占空比调速模式下, 有 PWM 波形低电平到高电平的跳变.

待机模式和休眠模式下 5V LDO 和 3.3V LDO 的外部供电能力有差异, 如果

表 1 待机模式 (Standby Mode) 和休眠模式 (Sleep Mode) 下 LDO 状态

低功耗模式	5V LDO	3.3V LDO	功耗 (VCC 上电流)
待机模式 (standby mode)	使能 (35mA 外供能力)	使能 (35mA 外供能力)	150uA
休眠模式 (sleep mode)	使能 (无外部供电电流能力)	关闭	20uA

8.3.5 EEPROM 参数烧写

ACM6763 内部集成 EEPROM, 可以用来进行电机参数和其他控制参数的烧写. 烧写流程如下, 推荐在马达停转的情况下进行烧写, 烧写完毕后可以回读烧写寄存器验证烧写是否成功. 也可以对烧写文件的 CRC 校

验码（烧写软件生成）写入芯片的 CRC 校验码寄存器（0x44 寄存器），然后读取 0x11 寄存器的 bit2 进行比对来验证是否烧写成功。

烧写成功后，EEPROM 里面的数据会在每次上电时（或者从休眠模式退出时）加载进 ACM6763 的寄存器。

1. 第 1 步，寄存器 0x19 bit2 MTP_LAHD_EN 设置为 1。
 2. 第 2 步，将电机参数和其他控制参数写入相应的寄存器（对应寄存器地址：0x20 到 0x43）
 3. 第 3 步，将 CRC 校验结果写入寄存器 0x44
 4. 第 4 步，将数据 11001010 (0xCA) 写进寄存器 0x18，作为使能烧写的密码。
 5. 第 5 步，保持寄存器 0x19 的 bit2 MTP_LAHD_EN 为 1，设置寄存器 0x19 的 bit 0 MTP_WRITE 为 1，开始 EEPROM 烧写。
 6. 第 6 步，等待 200ms
 7. 第 7 步，将数据 0x06 写入寄存器 0x19
 8. 第 8 步，反复读取 0x19 寄存器，判断 bit1 是否为 0
 9. 第 9 步，读取报警寄存器 0x11 的 bit2，如果为 0，证明 CRC 校验无错误，烧写成功
- 烧写过程大概需要 ~250 ms，一旦烧写完成，寄存器 0x19 的 bit0 MTP_WRITE 会自动复位成 0。

8.4 主要参数和工作原理

本章节介绍启动和运转电机的控制逻辑，以及如何配置基本的电机参数和控制参数让电机能够正常运转。

8.4.1 电机参数

电机相电阻和反电动势常数 (Ke) 是无刷电机两个最重要的电机参数。ACM6763 需要获取这些参数并且配置进相应的寄存器。相电阻参数对应寄存器位于 0x20 寄存器和 0x21 寄存器的 RM[7:0]和 RM[10:8], 12bits 表示。反电动势常数(Ke)对应的寄存器位于 0x21 寄存器和 0x22 寄存器的 Ke [10:8] 和 Ke [7:0]。

8.4.1.1 电机相电阻

对于一个 Y 型连接的电机，电机的相电阻定义位相到中性点之间的电阻 R_{PH_CT} ， R_{PH_CT} 内部由 11 位二进制码表示，见下表。

在 3.2A 的电流量程下，一个 LSB 是 10mΩ。下表是 3.2A 电流量程下的相电阻设置对应表。

表 2 电机相电阻设置

Register 0x21, RM [10:8]	Register 0x20, RM [7:0]	R_{PH_CT} (Ω)
000	00000001	0.01
000	00000010	0.02
000	00000011	0.03
..
000	01100100	1.000
..
111	11111111	20.47

8.4.1.2 反电动势常数 Ke

反电动势常数 Ke，在电机任意两相之间测量到的反电动势 (BEMF) 电压与电机的电频率之间的比值 (通常转速越快，电频率越快，反电动势越大)。

反电动势(Ke) 用一个 11-bit 的二进制码 Ke [10:0] 表示，如下表所示

表 3 反电动势常数 (Ke) 设置

Register 0x21, KE [10:8]	Register 0x22, KE [7:0]	Ke (mV/Hz)
000	00000001	1
000	00000010	2
....
000	10000000	128
....
111	11111111	2047

8.4.2 在不同初始状态下启动电机

电机可能处于下面三种状态中的任意一种状态，静止、正向旋转或者反向旋转。ACM6763 内置很多功能支持不同初始状态下的启动。

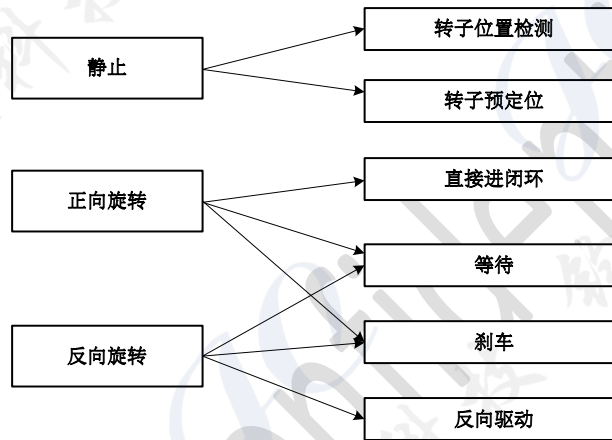


图 4 在不同初始状态下的启动

8.4.2.1 场景 1-电机处于静止状态

如果电机处于静止状态，换相逻辑必须初始化为转子位置和定子磁场对齐。ACM6763 提供 2 种方式来进行转子位置对齐。转子位置检测 (Rotor Detection) 注入电压测试信号通过电流的变化检测相电感的变化，从而获得转子位置信息。转子预定位的方式是在两相之间加一定的电压差迫使转子转动从而和定子保持对齐。

8.4.2.2 场景 2-电机处于正向旋转状态

如果马达处于正向旋转并且达到了足够的速度，ACM6763 可以直接进入闭环加速。通过这种顺风介入（重新同步）的方式可以以最快的速度进入闭环加速从而缩短了启动时间。

8.4.2.3 场景 3-电机处于反向旋转状态

如果电机处于反向旋转状态，ACM6763 提供了以下几种方式可以将反向旋转拉回正向旋转。

第一种方法，反向驱动，施加相反的力让电机逐步减速到停止。这种方法可以让反向旋转的电机以尽量快的速度停止，但是整个过程比较平顺。

第二种方法就是等待电机在外界摩擦力或者空气阻力作用下自然停止。

第三种方法主动刹停。

上述三种方法都有一个让电机停止的过程。待电机停止后再重新走一遍静止启动的流程，完成启动。

在这里要注意的是在反向驱动（强制拉停）和刹车这两种方法必须把电流限制在一定的范围内，不然电机的动能会以电流的形式回馈到 ACM6763 导致供电电源上出现电压过冲烧毁芯片或者导致同一供电网络上的其他元件受损。ACM6763 可以调整反向驱动的速度门限以及刹车的速度门限让系统在执行此类操作时始终处于一个稳定可靠的状态。

8.4.3 电机启动

8.4.3.1 初始速度检测

初始速度检测（Initial speed detection）用来在启动之前检测电机的运转速度。如果该功能被禁止，ACM6763 直接把当前电机状态作为静止状态处理。

当 ACM6763 的输出功率管关闭时，相与相之间的反电动势过零点可以用作速度检测。

如果 U-W 两相比较器的输出滞后 U-V 两相比较器输出 60° ，那么电机正向 (Forward) 旋转。如果 U-W 两相比较器的输出超前 U-V 两相比较器输出 60° ，那么电机反向 (Reverse) 旋转。

电机速度可以通过测量上述任意一个比较器输出两个上升沿之间的时间得到。

如果这个时间超出用户给定的一个时间阈值（对应速度阈值），则判断电机处于静止状态。可以通过 0x2F 寄存器的 ISD_THR[5:3] 进行速度阈值设定。

8.4.3.2 Re-synchronize 电机重新同步(所谓“低速顺风启动”)

电机重新同步功能基于上一节描述的速度检测和方向检测模块。检测到速度超过一定的阈值（超过开环向闭环切入的速度，具体在 0x33 寄存器 bits [4:0] 设置）且当前旋转方向是正向 (Forward) 旋转时开始重新同步进行闭环加速。这种方式的好处是在一定的初速度下可以快速加速至目标速度，不需要等电机停止后再重新启动。

8.4.3.3 电机反向驱动(所谓“逆风启动”)

电机反向驱动功能基于上一节描述的速度检测和方向检测模块。检测到速度低于一定的阈值（低于一定的速度阈值，具体在 0x35 寄存器 RVDRV_SPEED_THR [2:0] 设置）且当前旋转方向是反向 (Reverse) 旋转时开始施加与当前旋转方向相反的力拉停电机（平滑减速），然后从静止开始启动直到加速到正向旋转目标值。如果反转速度高于目标值，ACM6763 会等待电机滑行到速度门限 RVDRV_SPEED_THR [2:0] 以下，然后再进行减速处理。这样做的好处是避免供电电源上的电压过充损坏系统。

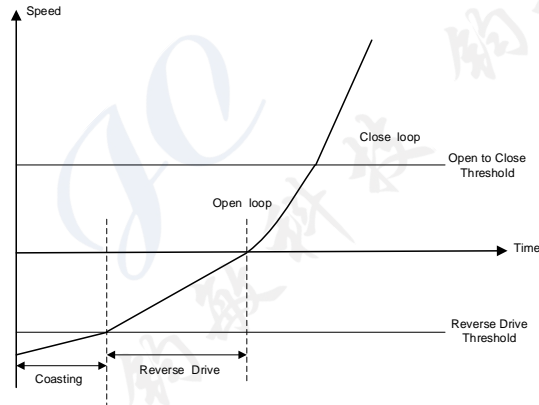


图 5. 反向驱动（俗称“逆风启动”）示意图

反向驱动适用于风扇类这种轻负载，且负载较为恒定的系统。对于其他类型的应用，如果检测到反向旋转想切回正向，可以先刹停，然后再正向启动加速。

8.4.3.4 刹车

刹车功能用来在启动电机之前对电机进行刹停。一旦刹车功能使能，U/V/W 三相的 3 个下管导通。

ACM6763 支持 I²C 命令刹停或者外部刹车管脚刹停。在 0x02 寄存器中将 SW_BRAKE_EN 设置为 1，刹车权限交给 I²C 寄存器控制，将 0x02 寄存器 CMD_BRAKE 设置为 1，刹车使能；如果 SW_BRAKE_EN 设置为 0（默认是 0），由外部刹车管脚（BRAKE）控制，BRAKE 管脚输入为高电平，刹车。

注意芯片出厂默认是外部管脚（BRAKE pin）控制刹车，所以如果不用刹车控制，建议 BRAKE 管脚接地。刹车时间(Brake time)是刹车开始后维持在刹车状态的时间。刹车时间可以通过寄存器 0x2D [7:4] 进行设置，刹车时间可以在 10ms~10s 之间进行调整。

在高速下刹停，过高的反电动势会导致大的倒灌电流，因此必须在速度低于一定门限后开始刹停操作，刹车开始的速度门限可以通过寄存器 0x2E 的 BRAKE_SPEED_THR [2:0] 进行设置。

8.4.3.5 电机启动准备工作

8.4.3.5.1 预对齐

ACM6763 通过注入相电压迫使转子旋转一定角度与定子对齐。

不同的电机需要不同的对齐电流和对齐时间。大转矩的电机需要更长的对齐时间和对齐电流。

8.4.3.6 启动时序

启动时间包括预对齐时间和加速时间。加速阶段包括开环加速阶段和闭环加速阶段。开环加速时间主要由开环转闭环的交接速度和加速度决定。具体设置参考相应的调试软件。

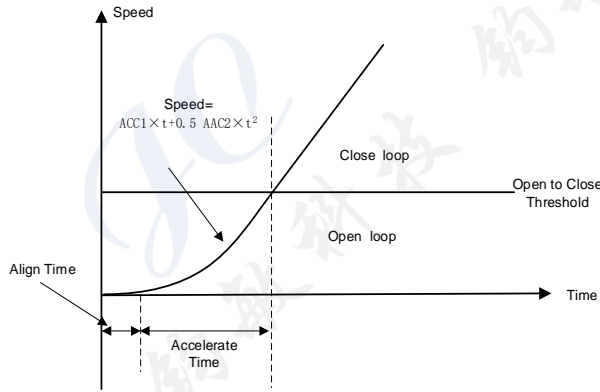


图 6 电机启动加速过程

合理的设置开环加速度让电机平稳的进入闭环阶段.

8.4.4 电机启动电流设定

通过选择一个合适的对齐电流让转子旋转到一个合适的位置同时要避免抖动. 尽量减小这个对齐电流来避免抖动. 另外可以设置开环加速过程中的电流限制门限, 该电流门限必须能保证电机能稳定加速到交接频率 (开环到闭环的交接频率). 重一些的负载可能需要更大的电流, 但是加速的快慢受限于开环过程中的加速度. 但是也不需要设置得太大, 如果电机的开环加速电流设置得比需要的大很多, 会造成启动加速过程中额外的功耗浪费, 造成不必要得速度过冲.

8.4.5 闭环控速

在闭环阶段, ACM6763 持续的对电流进行采样, 实时获取转子角度信息. 利用转子位置信息进行高效率换相, 同时控制转速. (注: 这里的闭环指的是基于转子角度信息的一个控制闭环, 和转速闭环的概念是有区别的.)

8.4.5.1 外部模拟电压调速

外部调速管脚 SPEED 可以配置为外部模拟电压调速 (寄存器 0x35 的 bit5 配置为 0).

在模拟电压调速模式下, SPEED 管脚上的电压可以在 0 to 3.3V. 如果 SPEED 管脚上电压 > VANA_FS (3.3x 0.9=2.97V), 对应的速度指令为满速. 如果 VANA_ZS ≤ SPEED 管脚电压 ≤ VANA_FS 速度命令随着 SPEED 管脚电压线性增长. 如果 SPEED < VANA_ZS 速度指令设置为电机停转. 图 9 所示是 SPEED 管脚模拟输入电压和速度指令之间的关系.

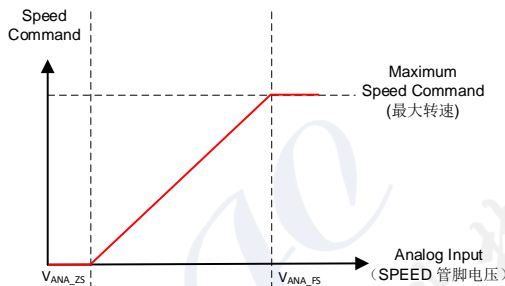


图 7. 模拟电压调速模式

8.4.5.2 PWM 占空比调速

SPEED 调速管脚可以配置为 PWM 占空比调速方式 (寄存器 0x35 的 bit5 设置为 1).

SPEED 管脚的输入占空比可以配置为 0%到 100%之间.

调速管脚的 PWM 频率可以设置为 25kHz (0x2C 的 bit0 设置为 0) 或者 50kHz (0x2C 的 bit0 设置为 1).

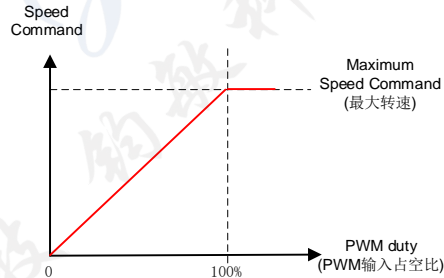


图 8. PWM 模式下的速度指令

8.4.5.3 I²C 模式下调速

ACM6763 同样可以通过 I²C 指令进行调速. 要启用 I²C 调速功能, 将 0x02 寄存器 bit7 设置为 1. 当设置为 I²C 调速后, ACM6763 忽略掉 SPEED 管脚的调速信息.

I²C 调速指令可以通过 0x01 寄存器的 SPEED_REQ [8:1] 和 0x02 寄存器的 SPEED_REQ[0]进行设置. 9 bits 的调速指令 SPEED_REQ[8:0]用来设置 加在电机上的峰值电压. 当 SPEED_CTRL [8:0] 设置为 0x1FF (十进制的 511) 时, 相当于 PWM 调速模式下的 100%占空比.

8.4.5.4 外部 Clock 调速 & FG 分频设置

ACM6763 外部 Clock 调速, 基本工作原理是外部通过 SPEED 管脚送入 PWM 信号, 然后输出电频率 (相线上正弦波电流的频率) 和输入 PWM 信号频率成特定倍数关系, 具体倍数和 FG 的分频设置有关.

$$\text{输出 FG 频率} = \text{输出电频率} \div A \times B$$

$$\text{输出电频率} = \text{SPEED 管脚输入 PWM 频率} \times A \div B$$

表 4 Clock 调速模式下 “输出电频率” 和 “SPEED 管脚输入 PWM 频率” 的比值设定

A 0x2F [7:6]	B 0x30 [7:6]	FG 频率 除以 电频率	输出电频率 除以 输入 PWM 频率 (SPEED 管脚上频率)
5	1	1/5 (小数表示 0.2)	5
4	1	1/4 (小数表示 0.25)	4
3	1	1/3 (小数表示 0.333)	3
5	2	2/5 (小数表示 0.4)	2.5
4	2	1/2 (小数表示 0.5)	2
5	3	3/5 (小数表示 0.6)	5/3 (小数表示 1.666)
3	2	2/3 (小数表示 0.666)	1.5
4	3	3/4 (小数表示 0.75)	4/3 (小数表示 1.333)
5	4	4/5 (小数表示 0.8)	1.25
1	1	1	1
3	4	4/3 (小数表示 1.333)	3/4 (小数表示 0.75)
1	2	2	0.5
1	3	3	1/3 (小数表示 0.333)
1	4	4	1/4 (小数表示 0.25)

另外在外部 Clock 调速模式下，启动阈值（外部 SPEED 管脚上 PWM 频率从低到高变化，ACM6763 打开输出的启动频率）和关停阈值（外部 SPEED 管脚上 PWM 频率从高到低变化，ACM6763 关闭输出的阈值频率）可以调整. 如表 5 所示.

表 5 Clock 调速模式下，启动阈值频率 和 关停阈值频率

0x42 [4:2]	外部 SPEED 管脚上 PWM 频率 启动阈值 (Hz)	外部 SPEED 管脚上 PWM 频率 关停阈值 (Hz)
000	10	5
001	20	15
010	30	25
011	40	35
100	50	45
101	60	55
110	80	75
111	100	95

8.4.5.7 速度曲线设置

ACM6763 支持 4 种不同的速度曲线设置. 本章节附带一些实例进行解释 (具体设置可以参见 ACM6763 调试软件):

1) 电压环 - 输出 PWM 占空比 - 输入 PWM 占空比 重映射

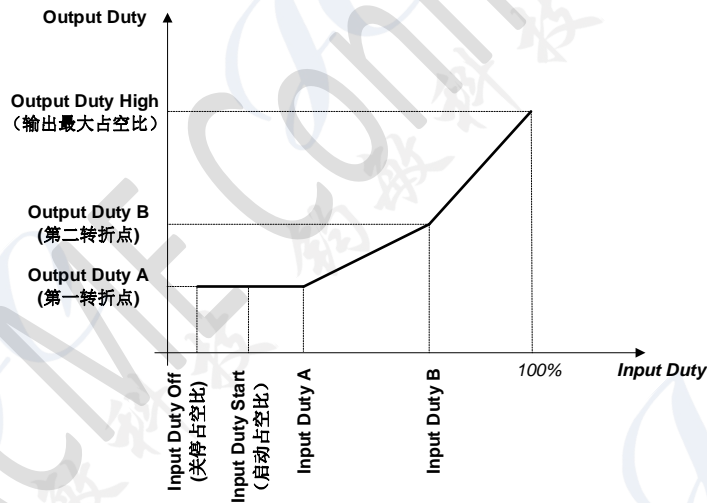


图 9 低占空比关断模式 (Register 0x26 [4]=0)

如上图 9 所示，可以设置对应输入占空比为 100%时的输出占空比，从而限制电机的最高转速. 也可以通过 Output Duty B、Output Duty A、Input Duty B 以及 Input Duty A 来设置转速曲线的斜率和最低转速. 启动占空比和关停占空比分别由 Input Duty Start 和 Input Duty Off 来设定.

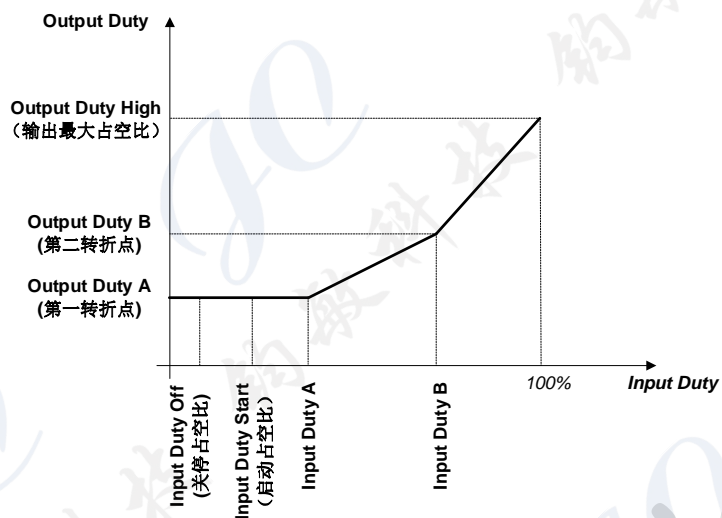


图 10 低占空比维持最低转速模式 (Register 0x26 [4]=1)

如上图 10 所示，“低占空比维持最低转速模式”可以保证即使外部 PWM 的占空比为 0 的情况下，ACM6763 也能维持最低转速 (最低转速可由参数 Output Duty A 来设定)

2) 速度环 - '转速-输入占空比重映射'，多段线性调速曲线

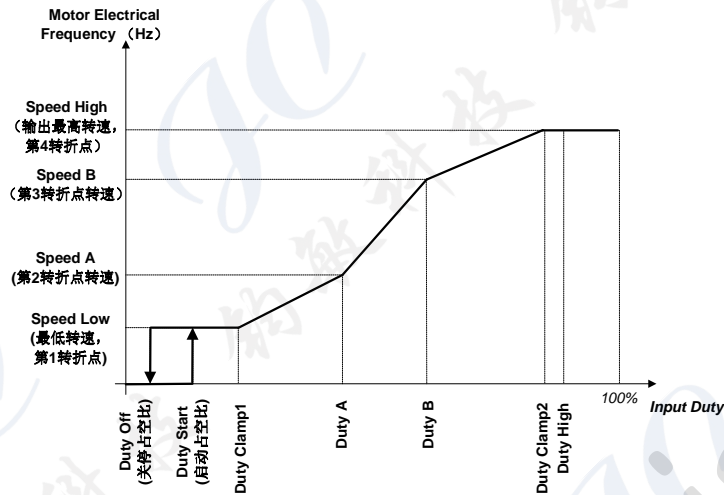


图 11 低占空比关断模式 (Register 0x26 [4]=0)

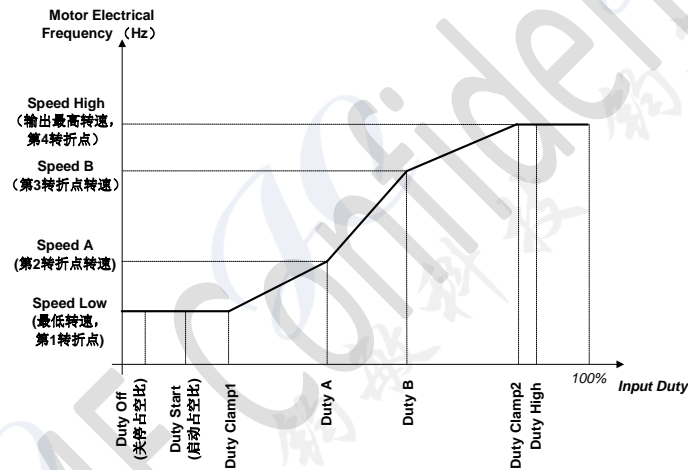


图 12 低占空比维持最低转速模式 (Register 0x26 [4]=1, Register 0x27 [2]=1)

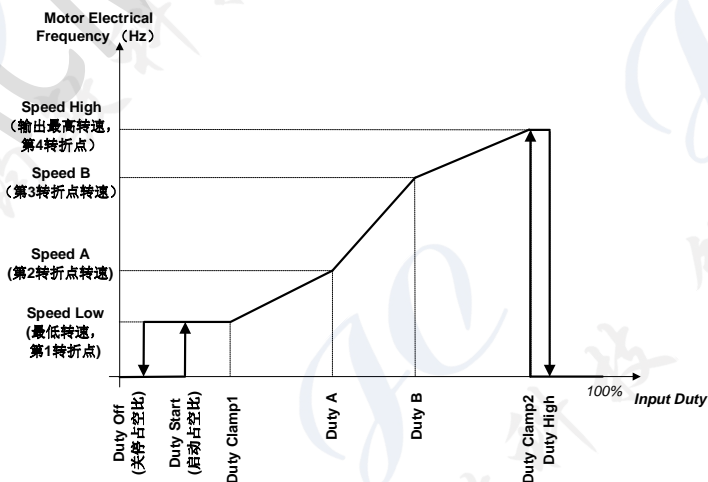


图 13 低占空比和大占空比关断模式 (Register 0x26 [4]=0, Register 0x27 [2]=0)

3) 速度环 - ‘转速-输入占空比重映射’，阶梯状多段调速曲线

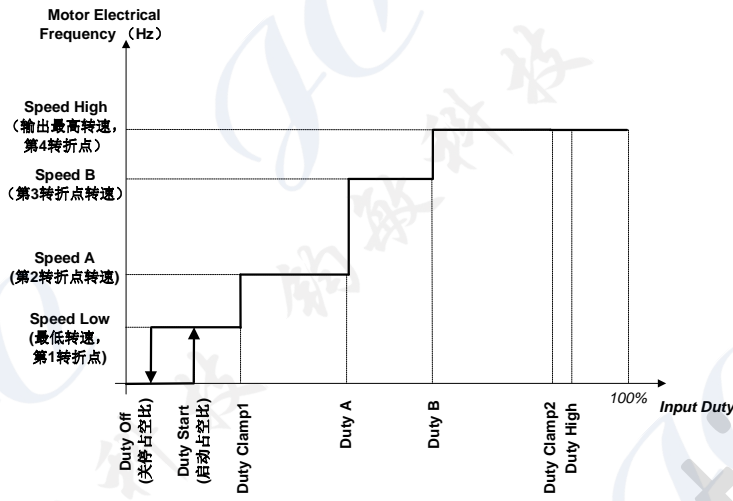


图 14 小占空比关断模式 (Register 0x26 [4]=0, Register 0x27 [2]=1)

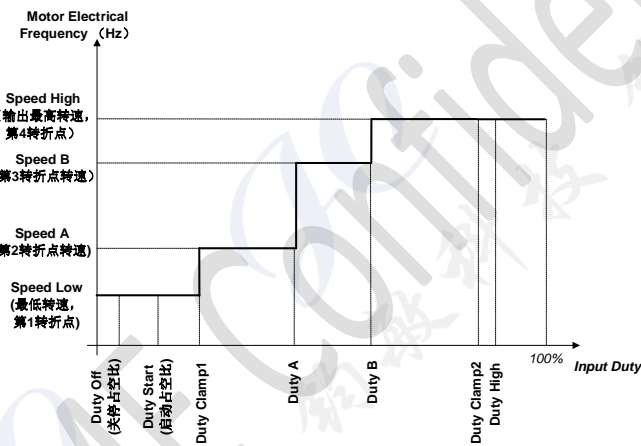


图 15 小占空比不断模式 (Register 0x26 [4]=1, Register 0x27 [2]=1)

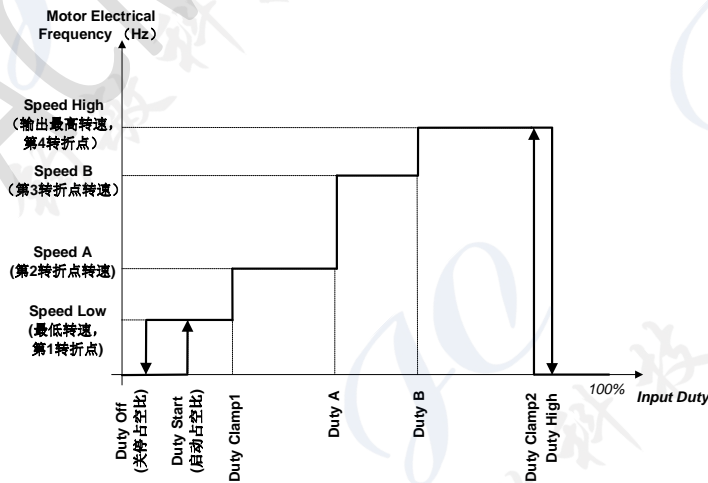


图 16 小占空比和大占空比均关断模式 (Register 0x26 [4]=0, Register 0x27 [2]=0)

4) 速度环 - ‘转速-输入占空比重映射’， PWM 占空比控制电机正反转

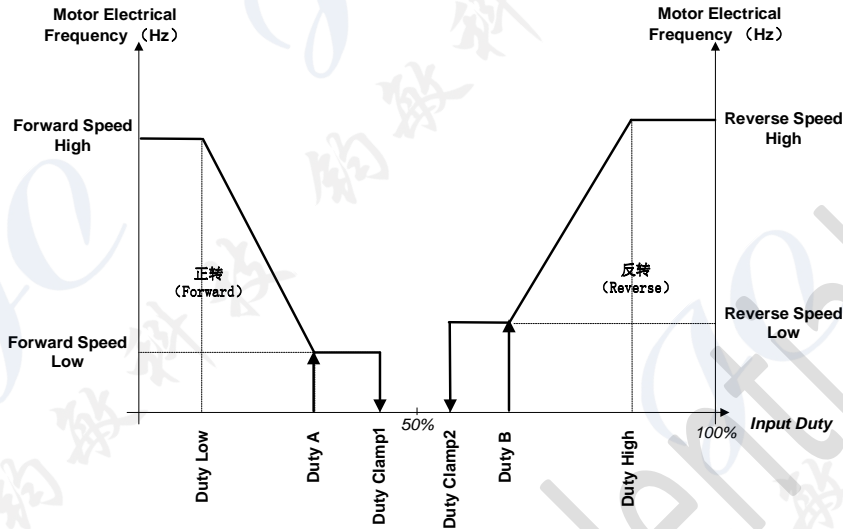


图 17 利用 PWM 占空比实现 正反转调速

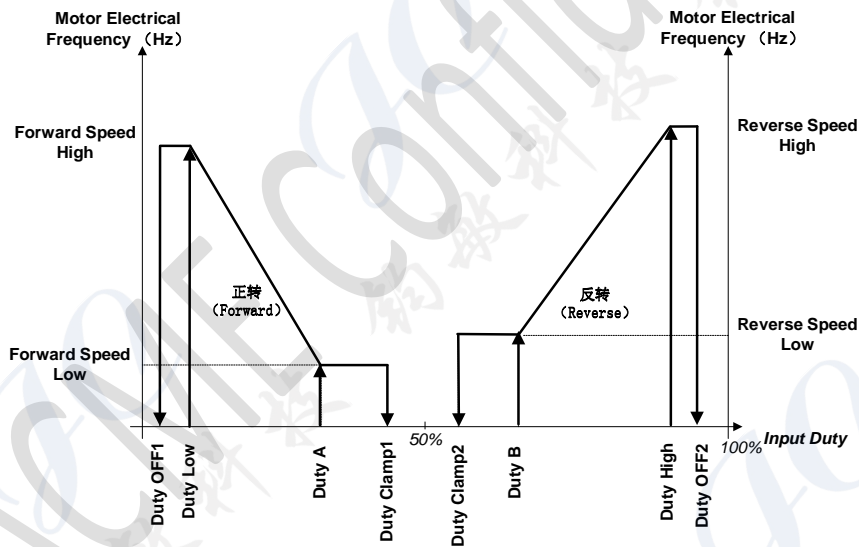


图 18 利用 PWM 占空比实现 正反转调速, 两头可关断模式

(Register 0x26 [4]=0, Register 0x27 [2]=0)

8.4.6 诊断功能

ACM6763 内部寄存器可以监控一系列的电机系统运行参数. 这些参数可以通过 I²C 寄存器读取获得. 包括芯片状态 (工作状态还是输出高阻状态)、电机转速、当前供电电压、速度指令、电机相电流幅度、报错等. 这些状态信息是实时更新的.

8.4.6.1 报警状态回读

报警状态回读包括电荷泵欠压报警 (Charge Pump Under Voltage fault)、VCC 欠压报警 (VCC Under Voltage)、VCC 过压报警(VCC Over Voltage Fault)、过温告警 (Over Temperature fault)、硬件过流关断保护报警 (Hardware Over Current Fault)、堵转过流保护告警(Lock Current fault)、电机缺失告警(No Motor Connected Fault)、速度异常告警 (Speed fault)、反电动势异常告警(BEMF (Abnormal Ke) Fault)、闭环失步告警 (Close Loop Lock Fault, Motor Out of Step)、开环失步告警 (Open Loop Lock Fault, Motor Out of Step) 以及水泵空载停转 (Pump No Load Detected) 报警等。

8.4.6.2 电机转速回读

电机运行速度(Motor Speed)自动在 寄存器 0x05 [7:0] (Motor Speed [7:0]) 和 Register 0x06 [7:0] (Motor Speed [15:8])中实时更新, Motor speed 是 16bits 二进制补码. $Speed = Motor\ Speed\ [15:0]/10$ (Hz). 这个值通过测量反电动势 (BEMF) 的过零点频率得到.

一个具体的实例:

```
Motor Speed [7:0]=0xff;
Motor Speed [15:8]=0x01;
Velocity (电频率) = 511(0x01ff)/10 = 51Hz
```

对于 1 个 2 对极 (2-pole pairs) 的电机, 机械频率和电频率的转换方法如下: $51\ (\text{electrical cycles/second}) \times 1(\text{mechanical cycles})/2(\text{electrical cycles}) \times 60(\text{seconds})/1\ (\text{minute}) = 1530\ \text{RPM}$

8.4.6.3 电机电周期回读

电机电周期用 16 位二进制码表示, 其测量值每个电周期更新一次, 具体位于寄存器 0x07 (Motor Period [7:0]) 和寄存器 0x08 (Motor Period [15:8])中. 电周期通过测量 U 相反电动势的过零点间隔获得. 电周期 t_{ELE_PERIOD} (μs) 计算方法如下.

$$t_{ELE_PERIOD} (\mu\text{s}) = \text{Motor Period [15:0]} \times 10$$

例如:

```
Motor Period [7:0] = 0xff;
Motor Period [15:8] = 0x01;
t_{ELE\_PERIOD} (\mu\text{s}) = 511 (0x01ff) \times 10 = 5110\ \mu\text{s}
```

电机的电周期和电频率 (Velocity)之间的计算公式如下:

$$t_{ELE_PERIOD} (\text{s}) \times \text{Velocity (Hz)} = 1$$

8.4.6.4 反电动势常数 (BEMF Constant, Ke)回读

对于一个给定的电机, 反电动势常数 Ke 在一个电周期内应该是一个常数. 当电机运转起来之后, ACM6763 逐周期的对反电动势常数 Ke 进行测量.

具体测量结果保存在寄存器 0x09 (Ke[7:0])和寄存器 0x0A (Ke [15:8])中.

$$Ke\ (\text{mV/Hz}) = Ke\ [15:0].$$

Ke [7:0] = 0xff;

Ke [15:8] = 0x01;

K_e (mV/Hz)=511mV/Hz.

8.4.6.5 当前供电电压回读

ACM6763 对供电电压进行周期性的监控. 这些信息可以通过 寄存器 0x0B (Supply Voltage [7:0])获取. 供电电压的计算公式如下.

$$V_{\text{POWER_SUPPLY}} \text{ (V)} = \text{Supply Voltage [7:0]} \times 0.122 \text{ V}$$

例如: Supply Voltage [7:0] = 0x62, $V_{\text{POWER_SUPPLY}} \text{ (V)} = \text{Supply Voltage [7:0]} \times 0.122 \text{ V} = 98 \times 0.122 \text{ V} = 11.956 \text{ V}$.

8.4.6.6 速度指令回读

ACM6763 把各种速度指令形态 (外部 SPEED 管脚模拟电压, 外部 SPEED 管脚占空比, I²C 调速指令) 转换位 8bits 的速度指令. 通过读取寄存器 0x0F (Speed_cmd [7:0])的内容, 用户可以获取当前的速度指令, 100% 的占空比对应 255. 速度指令 (等效的调速占空比) 计算公式如下:

$$\text{Duty}_{\text{SPEED}}(\%) = \text{speed_cmd [7:0]} \times 100\% / 255$$

8.4.6.7 速度指令 Buffer 回读

如果开环加速电流限制门限和 AVS 使能的情况下, PWM 占空比的输出 (从寄存器 0x10 回读得到) 可能并不会与速度指令 (从寄存器 0x0F 中获取) 完全一致.

通过读取速度指令 Buffer (寄存器 0x10 的 Speed_buffer [7:0]), 用户可以获取当前的输出占空比.

输出占空比和速度指令 Buffer 之间的计算关系如下:

$$\text{Duty}_{\text{OUTPUT}}(\%) = \text{Speed_buffer [7:0]} \times 100\% / 255$$

这里

- $\text{Duty}_{\text{OUTPUT}}(\%)$ = 最大的 PWM 输出占空比, 反应当前输出幅度与满幅度输出之间的比例.

8.4.7 应用原理图

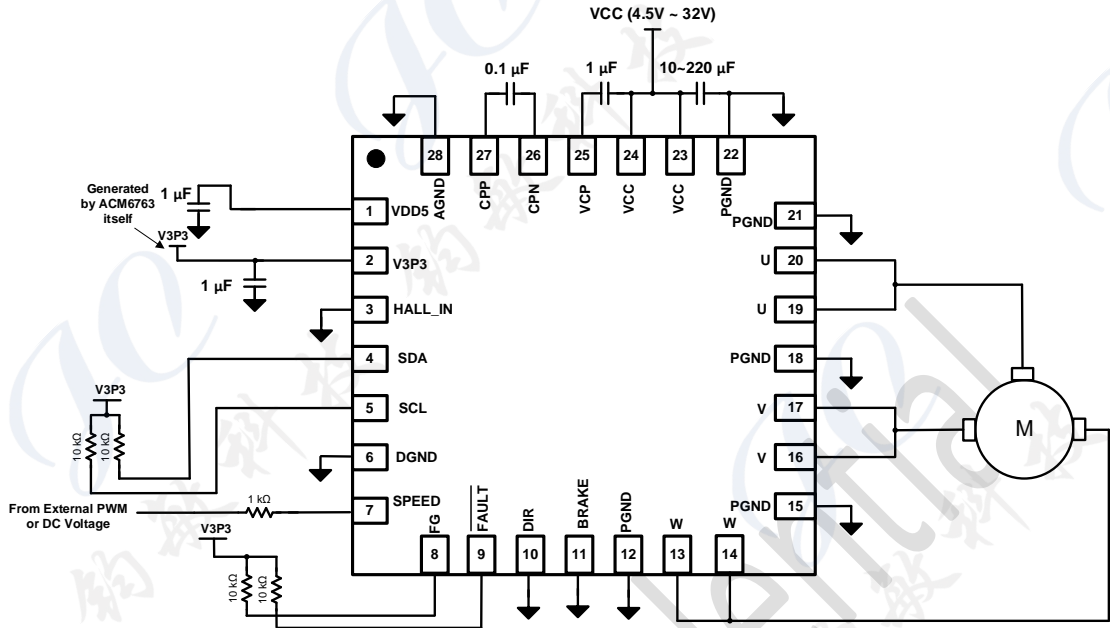


图 19 应用简易原理图 (无感, 不使用刹车功能, 固定转向)

8.5 寄存器列表

8.5.1 I²C 控制接口

ACM6763 提供一个标准的 I²C 从地址, 对应二进制 110 1100 (此处为地址高 7 位, 最低位区分读/写, bit0 为 1 表示读, bit0 为 0 表示写). SCL 和 SDA 总线上推荐一个 4.7kΩ~10kΩ 的上拉电阻到 3.3V 或者 5V.

软件模式下, 通过 I²C 对调速寄存器 0x01 和 0x02 进行设置.

不管是在软件模式下还是在硬件模式下 (硬件模式为参数烧写固化后上电就可以运转的模式), 用户都可以通过 I²C 访问 0x03 寄存器到 0x13 寄存器来获取 ACM6763 的工作状态.

硬件模式下, 需要将参数烧写烧写到 寄存器 0x20-0x44, 这些寄存器包含电机参数、启动方式、启动时间、加速度、速度曲线等参数.

0x18, 0x19, 0x44 这三个寄存器用来控制 ACM6763 的 EEPROM 烧写, 0x44 寄存器用来记录 CRC 校验结果, 0x11 寄存器的 bit2 用来验证烧写是否成功.

8.5.2 寄存器列表

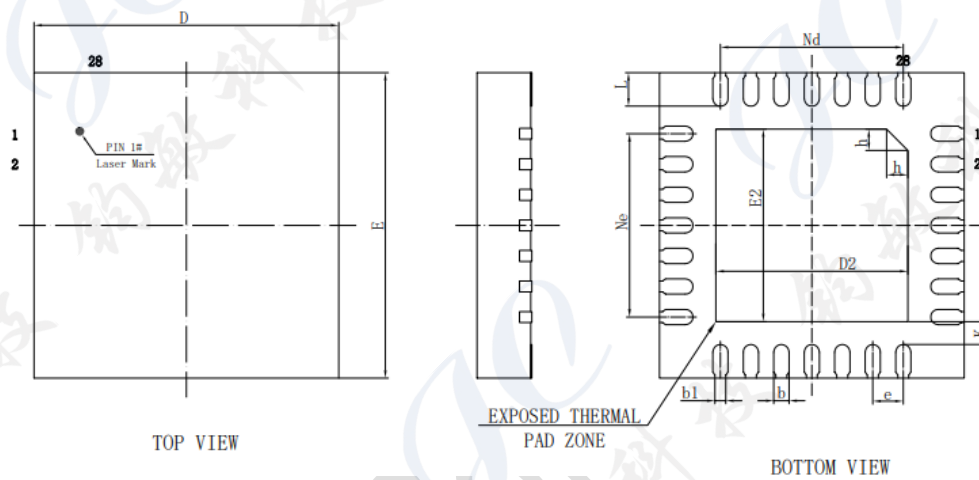
Offset	Acronym	Register Name	R/W	Reset Value
0x01	SPEED_CTRL0	Speed Control MSB	R/W	0x00
0x02	SPEED_CTRL1	Software Control Enable (Speed, Brake) , Speed Control LSB	R/W	0x00
0x03	FAULT1	Clear Fault, Sleep Mode Control, UV/OV/OT/OC Fault report	R	0x00
0x04	FAULT2	Lock current limit, No motor, Speed Abnormal, Abnormal Ke, Close Loop/Open Loop lock detection	R	0x00
0x05	MOTOR_SPEED0	Motor Speed LSB [7:0]	R	0x00
0x06	MOTOR_SPEED1	Motor Speed MSB [15:8]	R	0x00

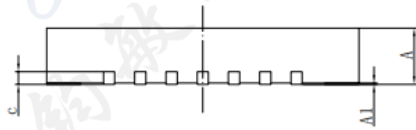
Offset	Acronym	Register Name	R/W	Reset Value
0x07	MOTOR_PERIOD0	Motor Period LSB [7:0]	R	0x00
0x08	MOTOR_PERIOD1	Motor Period MSB [15:8]	R	0x00
0x09	MOTOR_BEMF0	Motor Ke LSB [7:0]	R	0x00
0x0A	MOTOR_BEMF1	Motor Ke MSB [15:8]	R	0x00
0x0B	SUPPLY_VOLTAGE	Supply Voltage	R	0x00
0x0C	MOTOR_CURRENT0	Motor Current LSB [7:0]	R	0x00
0x0D	MOTOR_CURRENT1	Motor Current MSB [15:8]	R	0x00
0x0E	RTD_POSITION	RTD Position	R	0x00
0x0F	SPEED_CMD	Speed CMD	R	0x00
0x10	SPEED_BUFFER	Speed buffer	R	0x00
0x11	FAULT3	CRC error, CBC warning, OT warning	R	0x00
0x12	TEMPO	Temp[9:2]	R	0x00
0x13	TEMP1	Temp[1:0]	R	0x00
0x18	TTP_KEY	MTP KEY	R/W	0x00
0x19	TTP_CTRL	TTP_LAHD Enable, Refresh, Write	R/W	0x00
0x1b	PRT_DIE_ID	Die ID	R	0x53
0x20	MOTOR_CONFIG0	Motor Resistance LSB [7:0]	R/W	0x00
0x21	MOTOR_CONFIG1	PWM polarity, Ke (Back EMF constant) MSB [10:8], Motor Resistance MSB [10:8]	R/W	0x00
0x22	MOTOR_CONFIG2	Ke (Back EMF constant) LSB [7:0]	R/W	0x00
0x23	MOTOR_CONFIG3	Motor Inductance, Motor Start Mode	R/W	0x00
0x24	MOTOR_CONFIG4	Speed Low Setting	R/W	0x00
0x25	MOTOR_CONFIG5	Speed High Setting	R/W	0x00
0x26	MOTOR_CONFIG6	Duty Off1 Offset [3:0], Max Speed, Speed Profile mode setting	R/W	0x00
0x27	MOTOR_CONFIG7	Duty Off2 Offset [4:0], Duty Off1 Offset [5:4], DTYHI_CLIP_MODE	R/W	0x00
0x28	MOTOR_CONFIG8	Duty Low [7:0]	R/W	0x00
0x29	MOTOR_CONFIG9	Duty High [7:0]	R/W	0x00
0x2A	MOTOR_CONFIG10	PID Control, Kp	R/W	0x00
0x2B	MOTOR_CONFIG11	PID Control, Ki	R/W	0x00
0x2C	MOTOR_CONFIG12	Initial Speed Detection Enable, Auto-restart, Reverse Drive, Direction setting, AVS enable, Low power mode setting, PWM frequency setting	R/W	0x00
0x2D	MOTOR_CONFIG13	Brake Time Setting, Align Time Setting	R/W	0x00
0x2E	MOTOR_CONFIG14	Align Current Setting, Speed profile mode2 setting, SW_DIR, BRAKE speed threshold	R/W	0x00
0x2F	MOTOR_CONFIG15	FG Divider, Initial Speed Detection Threshold, Open Loop Current	R/W	0x00
0x30	MOTOR_CONFIG16	FG Multiplier, HW_OC_Threshold, Align to Open loop current Ramp Rate	R/W	0x00
0x31	MOTOR_CONFIG17	Dead Time Setting, Close Loop Software Current Limit	R/W	0x00
0x32	MOTOR_CONFIG18	Open Loop Accelerate 1 and Open Loop Accelerate 2 Setting	R/W	0x00
0x33	MOTOR_CONFIG19	Close Loop Accelerate Rate, Open to Close Loop Handoff Threshold	R/W	0x00
0x35	MOTOR_CONFIG21	OPEN LOOP MODE, Soft off enable, Speed control Mode, Ke Lock Level, Clock Mode enable, Reverse driver speed threshold	R/W	0x00
0x36	MOTOR_CONFIG22	LA[1:0], Current limit lock mask, Open load Mask, Speed fault mask, close loop lock mask, open loop lock mask.	R/W	0x00
0x37	MOTOR_CONFIG23	LA [9:2]	R/W	0x00
0x38	MOTOR_CONFIG24	Retry times, Dead time, Slew rate, Motor status when SPEED pin floating	R/W	0x00
0x39	MOTOR_CONFIG25	Current limit with OT warning, Lock Release time	R/W	0x00
0x3A	MOTOR_CONFIG26	Align frequency, Start mode	R/W	0x00
0x3B	MOTOR_CONFIG27	SPEEDA	R/W	0x00
0x3C	MOTOR_CONFIG28	SPEEDB	R/W	0x00
0x3D	MOTOR_CONFIG29	DUTYA	R/W	0x00
0x3E	MOTOR_CONFIG30	DUTYB	R/W	0x00
0x3F	MOTOR_CONFIG31	CLAMP2, CLAMP1	R/W	0x00
0x40	MOTOR_CONFIG32	PWM mode, CBC_CLK_SEL, Current sense gain setting, Brake current threshold	R/W	0x00
0x41	MOTOR_CONFIG33	RE-SNC Mode, Pump No load detection current threshold/speed threshold	R/W	0x00

Offset	Acronym	Register Name	R/W	Reset Value
0x42	MOTOR_CONFIG34	PWM remap en, Min_speed mode en, Software direction enable,	R/W	0x00
0x43	MOTOR_CONFIG35	Low Power Mode Disable, RCP disable,	R/W	0x00
0x44	MOTOR_CONFIG36	CRC Result	R/W	0x00

9. 封装/包装相关信息

Orderable Device	Package Type	MPQ	MOQ	Eco Plan	MSL Level	Device Marking
ACM6763	QFN (28 pin) Tape and Reel	3000	3000	RoHS Compliant Lead-Free Finish	MSL3	ACM6763





SIDE VIEW

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.85	0.90	0.95
A1	0	0.02	0.05
b	0.20	0.25	0.30
b1	0.18REF		
c	0.203REF		
D	4.90	5.00	5.10
D2	3.05	3.15	3.25
e	0.50BSC		
Nd	3.00BSC		
Ne	3.00BSC		
E	4.90	5.00	5.10
E2	3.05	3.15	3.25
L	0.50	0.55	0.60
h	0.30	0.35	0.40
K	0.375REF		