

ACM6732, 2.7V-16V, 2.4A 峰值相电流, 三相, 直流无刷电机驱动器

1. 功能

- 输入电压范围: 2.7V - 16V
- 导通电阻(上管+下管): 300mΩ, 2.4A 峰值相电流能力
- 180° 正弦驱动, 极低噪音; 或者方波驱动, 大扭矩.
- 无感驱动模式下无需外部电流检测电阻
- 内置 5V LDO
- FG 速度指示信号 (电周期或者机械周期, 分频比可设置)
- 3 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 Clock 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): 100uA
- 静态电流 (休眠模式下): 10uA

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

ACM6732 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、相电流检测电路、栅极驱动电路以及功率 MOS 管. 支持最大 2.4A 的相电流. ACM6732 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.

ACM6732 支持 180° 正弦驱动, 有效避免因高次谐波导致的电磁音干扰. 也支持方波驱动, 适用于快速启动大扭矩的应用场景.

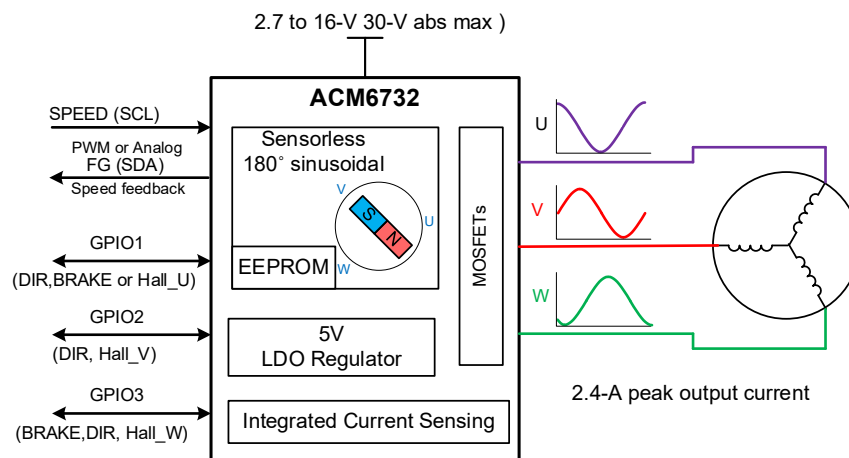
ACM6732 可以根据用户提供的电机参数进行有效启动、加速以及恒转速或者电压运行. 用户参数可以通过烧写长期固定 (其中).

ACM6732 支持多种速度控制. 外部 PWM 占空比调速、外部模拟电压调速以及外部 PWM 频率调速.

ACM6732 支持多种保护机制用来保护 ACM6732 自身以及外部电机.

4. Device Information

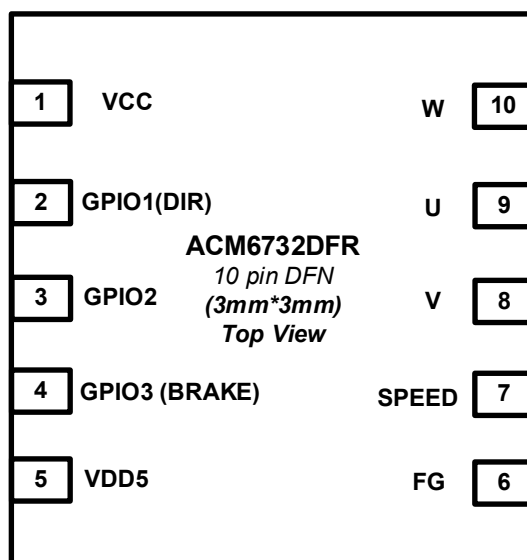
料号	封装	塑封体尺寸
ACM6732DFR	DFN (10)	3 mm × 3 mm



简易应用框图

5. 管脚定义以及管脚功能描述

5.1 ACM6732DFR



Pin No.	Name	Type	Description
1	VCC	Power	供电电源管脚
2	GPIO1 (DIR)	Input	电机运转的方向控制 低电平, 电压相序为 U -> V->W 高电平, 电压相序为 U ->W ->V 通过外部上拉电阻上拉到 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 也可以编程设置为 BRAKE 功能或者 U 相 Hall 换相输入信号
3	GPIO2	Input	可以编程配置为 DIR 或者 V 相的 Hall 换相输入信号
4	GPIO3 (BRAKE)	Input	可以编程配置为 BRAKE 或者 W 相的 Hall 换相输入信号. 配置为刹车管脚情况下: 高电平刹车, 低电平解除刹车. 5V 电压工作域.
5	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供电. 如果需要给外部电路供电, 该 5V LDO 的外部供电电流能力在 35mA.
6	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. 工作在 VCC 域, 内部为集电极开漏输出, 需要外挂上拉电阻. 参数调试和烧录时作为 I ² C 的 SDA 信号.
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 4.5V. 该管脚耐压可以兼容到 VCC. 参数调试和烧录时作为 I ² C 的 SCL 信号.
8	V	Output	连接电机 V 相
9	U	Output	连接电机 U 相
10	W	Output	连接电机 W 相
Thermal Pad	-	GND	散热焊盘. 需要接地.

6. 系列产品对比

器件名称	操作电压范围	换相方式	输出相电流能力
ACM6731ESR	2.7V ~ 16V	无感: 180° 正弦, 方波, 开窗正弦	2.4A
ACM6732DFR	2.7V ~ 16V	无感: 180° 正弦, 方波, 开窗正弦 有感: 外置 Hall (方波)	2.4A

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	30	V
	SPEED	-0.3	VCC	
	GND	-0.3	0.3	
	GPIO1, GPIO2, GPIO3	-0.3	6	
输出电压	U, V, W	-1	20	V
	VDD5	-0.3	7	
	FG	-0.3	VCC	
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	2.7	12	16	V
电压操作范围	U, V, W	-0.7		18	V
	SPEED	-0.3	5	16	V
	GPIO1,GPIO2,GPIO3	-0.1	3.3	6	V
	FG	-0.3	5	16	V
	GND	-0.1		0.1	V
T _A	Ambient Operating Temperature	-40		125	°C

7.4 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;		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;		100	150	
	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;		10	25	μA
OVLO (过压保护门限)						
OVLO_R	V _{CC} 过压保护门限 (门限可设置)	Rise Threshold, T _A = 25°C		18.6		V
OVLO_F		Fall Threshold, T _A = 25°C		18		
UVLO (欠压保护门限)						
UVLO_R	V _{CC} 欠压保护门限 (门限可设置)	Rise Threshold, T _A = 25°C		2.5		V
UVLO_F		Fall Threshold, T _A = 25°C		2.3		
LDO OUTPUT (内部 LDO 输出)						
VDD5	T _A = -40°C~125°C		4.9	5	5.3	V
INTEGRATED MOSFET (内部功率 MOS 管)						
R _{DS(ON)}	导通电阻 (上管 + 下管), I _{out} =1A	T _A =25°C; V _(VCC) =12V; V _(VCP) =17V		0.29		Ω
		T _A =85°C; V _(VCC) =12V; V _(VCP) =17V		0.36		
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 _(SV1) × 0.9 (4.5)		V
V _{ANA_ZS}	速度降为 0 的阈值			1		V
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		1.1	1.69	1.8	V
V _{DIG_IL}	PWM 输入低电平判决门限		0.8	1.24	1.35	V
f _{PWM}	PWM 输入频率范围		0.04		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)		0.15		V
V _{EX_SB}	模拟电压调速下 SPEED pin 退出待机模式的电压门限		0.21	0.213	0.22	V
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
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)		0.15		mV
V _{EX_SL}	模拟电压调速下 SPEED pin 退出休眠模式的电压门限			0.26		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

参数	测试条件	最小	典型	最大	单位	
$t_{EX_SL_PWM}$	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 (GPIO1, GPIO2, GPIO3, FG)						
V _H	输入高电平判决门限		1.1	1.82	1.94	V
V _L	输入低电平判决门限		0.81	1.31	1.46	V
I _{FG_SINK}	Output sink current 输出吸电流能力	V _{OUT} = 0.2V	5			mA
FG LIMITED CURRENT						
I _{LIMIT}	Short FG pin to VDD5		7.6	15	27	mA
LOCK DETECTION RELEASE TIME						
T _{LOCK_OFF}	堵转保护释放时间 (保护持续时间)		5			s
OVERCURRENT PROTECTION						
I _{OC_LIMIT}	过流关断门限	T _A = 25°C; PHASE	2.9	3.2	3.5	A
LOCK DETECTION CURRENT THRESHOLD						
I _{LOCK_LIMIT}	堵转电流保护门限 (可编程设置)	LOCK_CURRENT_THR = 000		0.3		A
		LOCK_CURRENT_THR = 001		0.6		
		LOCK_CURRENT_THR = 010		0.9		
		LOCK_CURRENT_THR = 011		1.2		
		LOCK_CURRENT_THR = 100		1.5		
		LOCK_CURRENT_THR = 101		2.8		
		LOCK_CURRENT_THR = 110		2.1		
THERMAL SHUTDOWN						
T _{SDN}	过温关断门限	Shutdown temperature (过温关断门限)		165		°C
T _{SDN_HYS}		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)		18.2		°C

8. 功能描述

8.1 整体介绍

ACM6732 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 2.4A 相电流. 该器件特别适用于需要精简外围、静音、低电压(2.7V-16V 范围)且要求高功率密度的直流无刷电机驱动应用场景.

ACM6732 可以通过 SPEED 和 FG 管脚模拟 I²C 进行电机参数烧写. 工程师在早期调试阶段可以通过调试工具模拟 I²C 进行调试, 系统调试稳定后可以进行参数烧写固化, 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.

ACM6732 支持 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.

对于加速要求很快, 输出转矩要求高的场景, ACM6732 也支持方波驱动。

ACM6732 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 18.6V) 或者欠压 (低于 2.3V)会将输出功率管关闭以保护芯片.
5. 过温关断.

ACM6732 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.

ACM6732 接口非常灵活. 除了 SPEED 管脚和 FG 管脚, 还有 3 个 GPIO 可以灵活配置为 DIR、BRAKE 或者 Hall 输入.

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. GPIO 配置为 DIR 功能, 作为方向控制. 设置为低电平, 电压相序为 U -> V -> W; 设置为高电平, 电压相序为 U -> W -> V.
3. GPIO 配置为 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.
4. GPIO 配置为 BRAKE 管脚. 用于刹车控制, 高电平刹车, 低电平解除刹车.

ACM6732 内部集成高可靠性、抗干扰能力强的可编程烧写 EEPROM, 一旦将电机参数和控制参数烧写进 EEPROM, 下次上电 (或者不掉电情况下退出休眠模式) 会自动将 EEPROM 数据导入进内部参数寄存器. EEPROM 支持>100 次重复烧写。

8.2 内部系统框图

ACM6732 内部集成算法控制引擎、可编程 EFUSE、采样 ADC、电流检测、5V LDO、栅极驱动模块、功率 MOS 管以及各种控制接口。

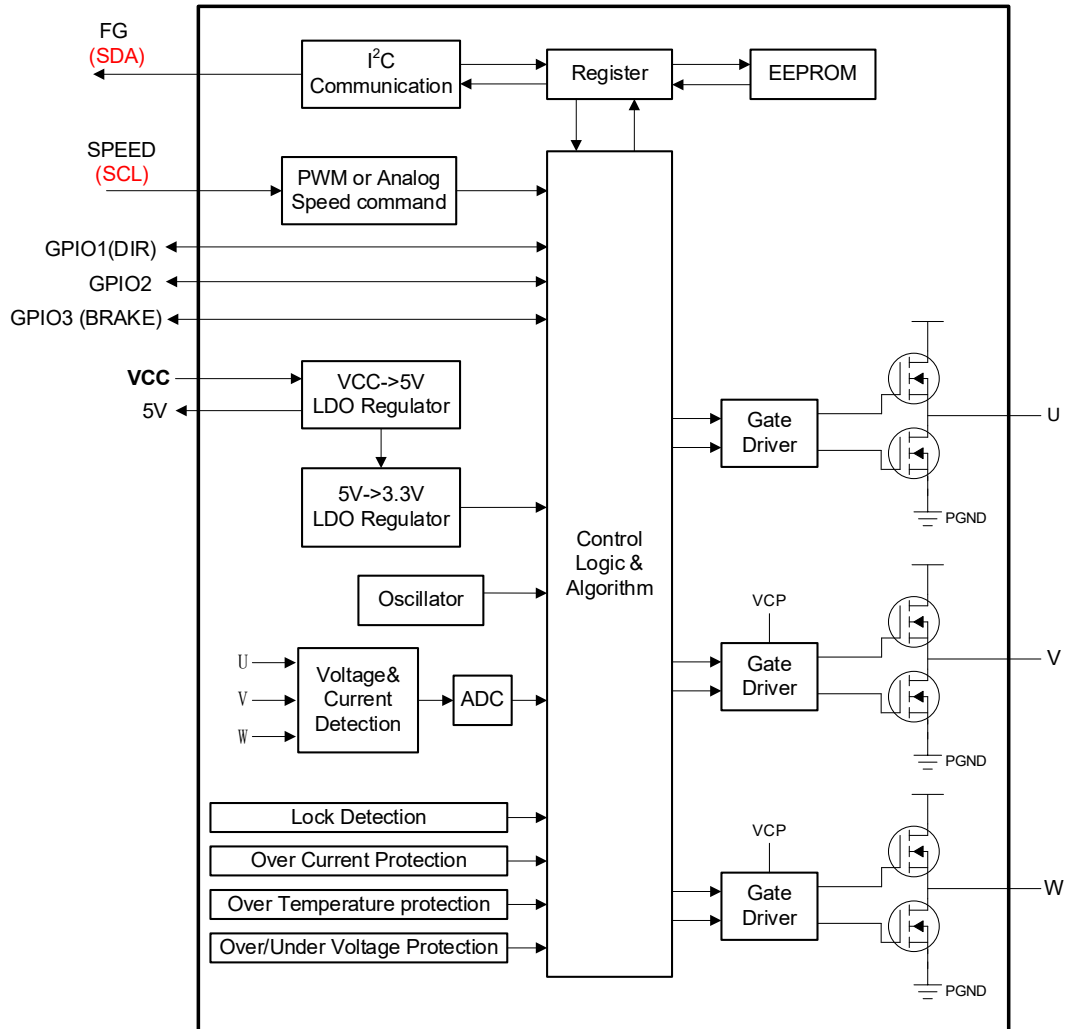


图 1 内部系统框图

8.3 功能模块详细介绍

8.3.1 内部 LDO

ACM6732 内部集成 1 个 5V LDO。5V LDO 输入电压来自 ACM6732 供电电压，5V LD 主要用于内部电路供电，但是有 35mA 的电流输出能力可供外部电路供电。

5V LDO 输出电容必须连接到 GND。

9.3.2 保护电路

9.3.2.1 过温关断保护

ACM6732 内部集成过温关断功能。一旦检测到内部结温超过 165 °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 147 °C 后恢复输出，电机重新启动。

9.3.2.2 欠压关断保护

ACM6732 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 2.3V，ACM6732 关断输出，当 VCC 电压重新升高至 2.5V，ACM6732 恢复输出。

9.3.2.3 过压关断保护

ACM6732 内部集成过压关断保护模块。过压保护迟滞电压是 0.5V。当 VCC 电压超过 18.6V 后关断输出，当 VCC 电压降低至 18V 之后恢复输出。

9.3.2.4 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 IOC-limit (大约 3.2A 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。过流关断门限可以编程设置。

9.3.2.5 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（最大值为 2.4A）后 ACM6732 会关断输出来保护电路以及电机本体。保护发生 5s（该堵转恢复时间可以编程设置）时间后再次尝试恢复输出，如果电机依旧在堵转状态，ACM6732 会进行下一轮保护，继续关断输出 5s 直到下一轮尝试。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。堵转恢复时间可以编程设置。

9.3.3 电机速度控制

ACM6732 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 ACM6732 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 3 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（只有在**使能速度环**的情况才有效）。

9.3.4 休眠 或者 待机模式

ACM6732 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)。

进入待机模式的方法是 (前提条件是把低功耗模式烧写成待机模式)：

在 PWM 或者外部模拟电压调速模式下，将 SPEED 管脚设置为低于 50mV。

退出待机模式的方法 (前提条件是把低功耗模式烧写成待机模式)：

方法 1，外部模拟电压调速模式下，将 SPEED 管脚电压设置为超过 0.3V。

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出现。

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 15uA 以内。

进入休眠模式的方法 (前提条件是把低功耗模式烧写成休眠模式)：

外部模拟电压调速模式下，SPEED pin 管脚设置为低于 50mV。

退出休眠模式的方法 (前提条件是把低功耗模式烧写成休眠模式)：

方法 1，外部模拟电压调速模式下，SPEED pin 管脚设置为超过 0.3V 电压。

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。

8.4 主要参数介绍和工作原理

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。ACM6732 需要获取这些参数并且配置进相应的寄存器。

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 RPH_CT。

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)。

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。ACM6732 内置很多功能支持不同初始状态下的启动。

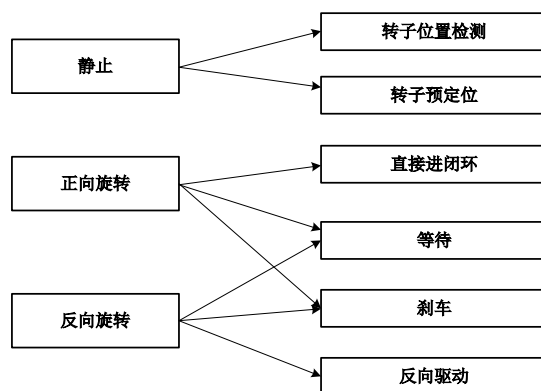


图 2 在不同初始状态下的启动

8.4.3 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。

在模拟电压调速模式下, SPEED 管脚上的电压可以在 0 to 4.5V. 如果 SPEED 管脚上电压 $> V_{ANA_FS}$ ($5 \times 0.9 = 4.5V$), 对应的速度指令为满速. 如果 $V_{ANA_ZS} \leq \text{SPEED 管脚电压} \leq V_{ANA_FS}$ 速度命令随着 SPEED 管脚电压线性增长. 如果 $\text{SPEED} < V_{ANA_ZS}$ 速度指令设置为电机停转. 图 3 所示是 SPEED 管脚模拟输入电压和速度指令之间的关系.

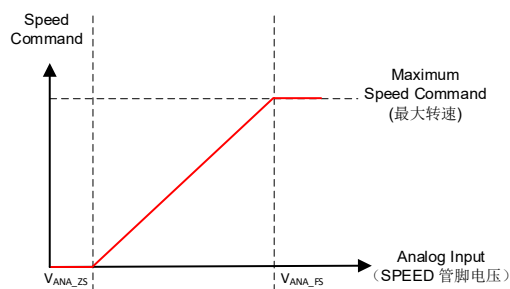


图 3. 模拟电压调速模式

8.4.4 PWM 占空比调速

SPEED 调速管脚可以配置为 PWM 占空比调速方式。

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 或者 50kHz 或者 100kHz。

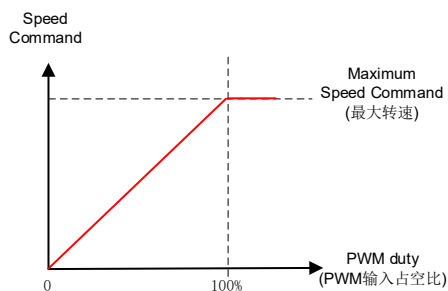


图 4. PWM 模式下的速度指令

8.4.5 Hall 输入换相表 (仅 ACM6732DFR 支持)

下表是 3 个 Hall 输入信号和输出功率管换相对应关系表.

其中 Hall 1 对应 U 相 (GPIO1 可配置为 U 相 Hall 信号输入), Hall2 对应 V 相 (GPIO2 可配置为 V 相 Hall 信号输入), Hall3 对应 W 相 (GPIO3 可配置为 W 相 Hall 信号输入) .

表 1 正转换相表

Hall1	1	1	0	0	0	1
Hall2	0	1	1	1	0	0
Hall3	0	0	0	1	1	1
U	GND	GND	HI-Z	VCC	VCC	HI-Z
V	VCC	HI-Z	GND	GND	HI-Z	VCC
W	HI-Z	VCC	VCC	HI-Z	GND	GND

表 2 反转换相表

Hall1	1	1	0	0	0	1
Hall2	0	0	0	1	1	1
Hall3	0	1	1	1	0	0
U	VCC	HI-Z	GND	GND	HI-Z	VCC
V	GND	GND	HI-Z	VCC	VCC	HI-Z
W	HI-Z	VCC	VCC	HI-Z	GND	GND

ACM6732 支持 HALL 超前相应相的反电势 0° 或者 30° 摆放. 在上位机调试软件里面选择相应的角度.

8.4.6 速度曲线模式

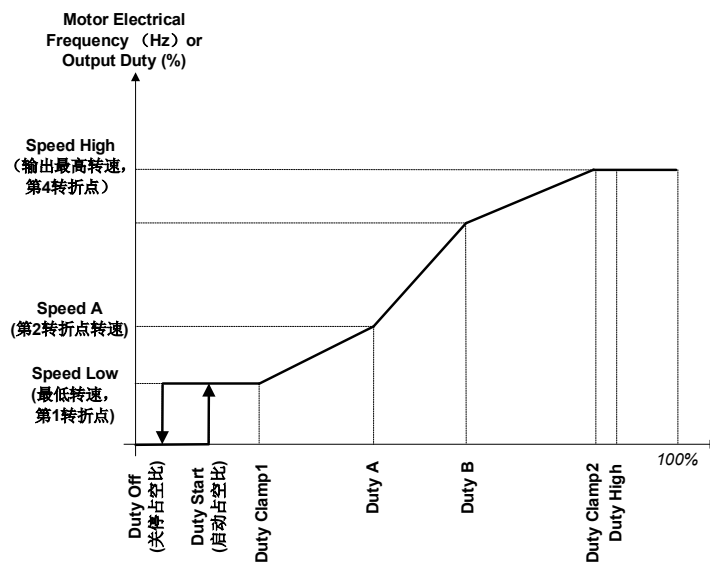


图 5 速度曲线图示 1

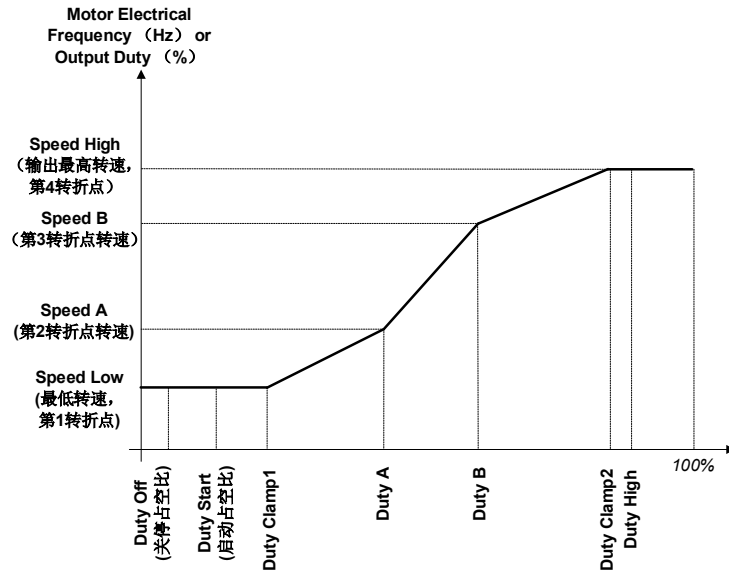


图 6 速度曲线图示 2

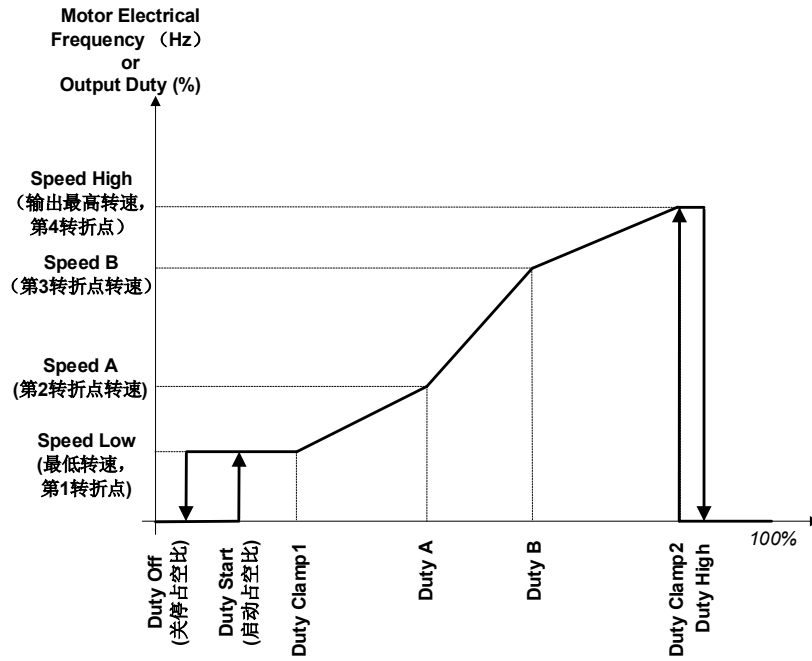


图 7 速度曲线图示 3

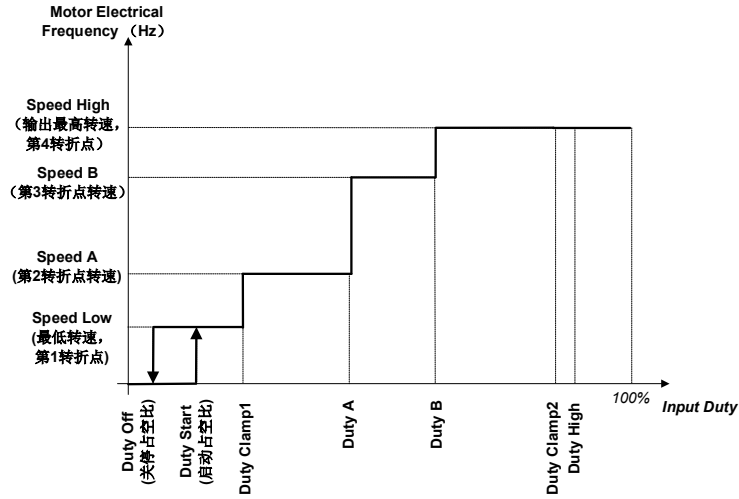


图 8 速度曲线图示 4

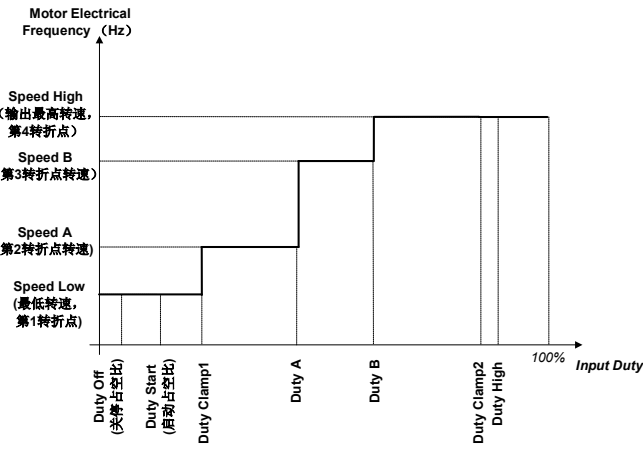


图 9 速度曲线图示 5

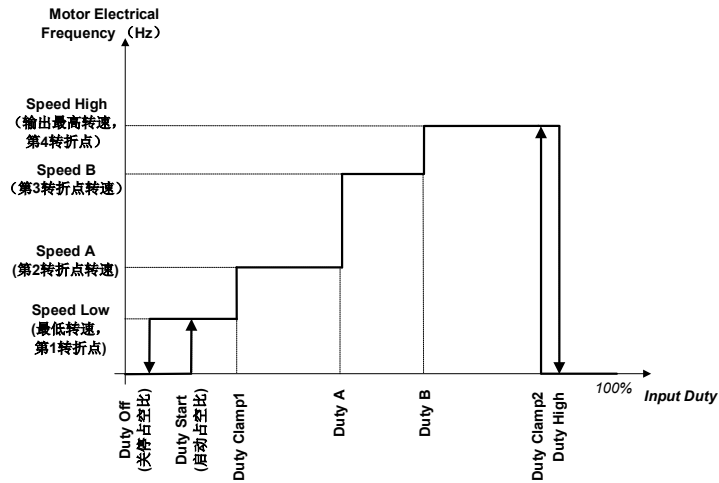


图 10 速度曲线图示 6

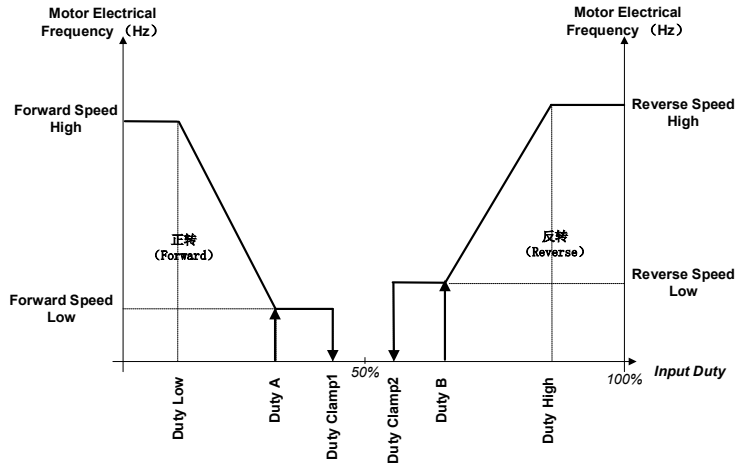


图 11 速度曲线图示 8

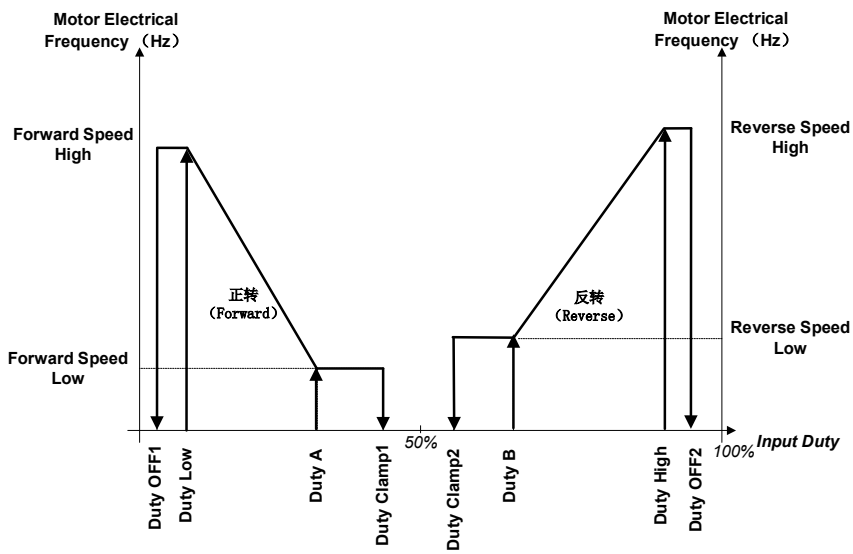


图 12 速度曲线图示 9

另外 ACM6732 支持最高转速限制，非转速闭环模式下因为外部风压变小通常导致转速上升，ACM6732 可以限制最高转速，当转速超过该阈值，ACM6732 会将转速限定在该门限转速，保护风机（或者减小噪声）。

9. 应用原理图

9.1 ACM6732DFR 原理图

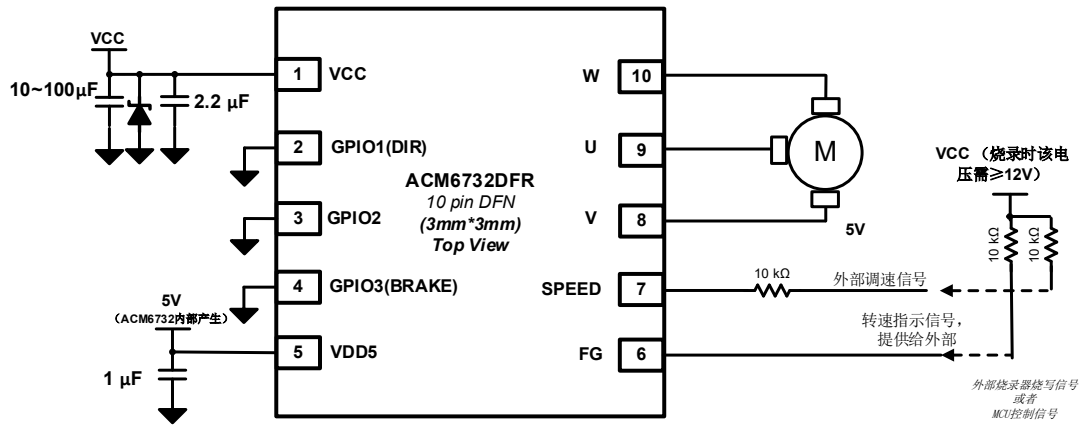
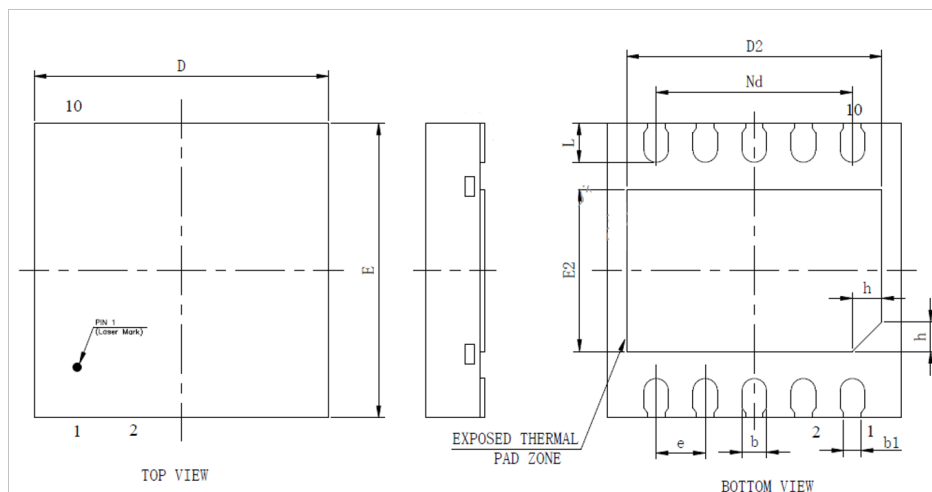


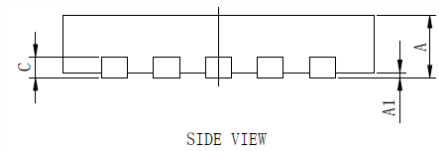
图 13 ACM6732DFR 原理图

10 封装信息

Orderable Device	Package Type	MPQ	MOQ	Eco Plan	MSL Level	Device Marking
ACM6732DFR	DFN (10 pin) Tape and Reel	5000	5000	RoHS Compliant Lead-Free Finish	MSL3	ACM6732

10.1 DFN10 封装





SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	—	0.02	0.05
b	0.18	0.25	0.30
b1	0.18REF		
c	0.18	0.20	0.25
D	2.90	3.00	3.10
D2	2.40	2.50	2.60
e	0.50BSC		
Nd	2.00BSC		
E	2.90	3.00	3.10
E2	1.45	1.55	1.65
L	0.30	0.40	0.50
h	0.20	0.25	0.30