

## ACM6753 三相 180° 正弦, 无感 或者 单霍尔 直流无刷电机驱动器

### 1. 功能

- 输入电压范围: 5V - 18V
- 导通电阻(上管+下管): 200mΩ, 3.2A 相电流能力
- 180° 正弦驱动, 极低噪音
- 无感 或者 单霍尔驱动, 无需外部电流检测电阻
- 内置 5V 和 3.3V LDO
- FG 速度指示信号 (电周期或者机械周期, 分频比可设置)
- 刹车控制
  - 外部刹车 BRAKE pin 控制
  - I<sup>2</sup>C 接口: 通过寄存器进行刹车控制
- 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 Clock 调速
  - I<sup>2</sup>C 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): 150uA, 通过 I<sup>2</sup>C 速度命令 (配置为零)且外部 SPEED 管脚电压设置为零
- 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

ACM6753 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 3.2A 的相电流. ACM6753 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.

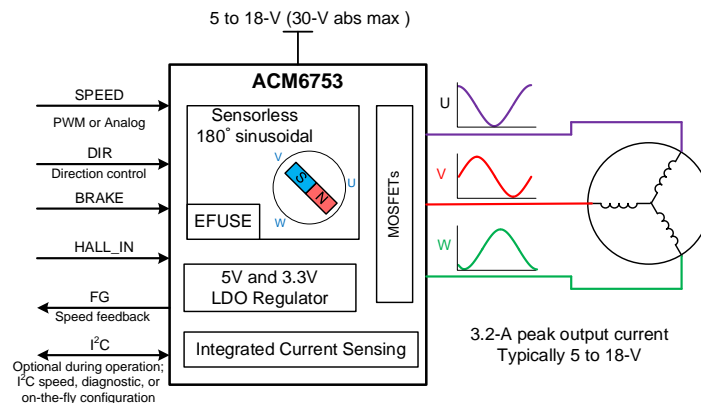
ACM6753 支持 180° 正弦驱动, 有效避免因高次谐波导致的电磁音干扰.

ACM6753 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 EFUSE 编程烧写) 或者通过 I<sup>2</sup>C 在线控制 (软件模式, 通过 I<sup>2</sup>C 寄存器进行参数初始化或者在线控制).

ACM6753 支持多种速度控制, 外部 PWM 占空比调速、外部模拟电压调速、I<sup>2</sup>C 寄存器调速以及外部 PWM 频率调速. ACM6753 支持多种保护机制用来保护 ACM6753 自身以及外部电机.

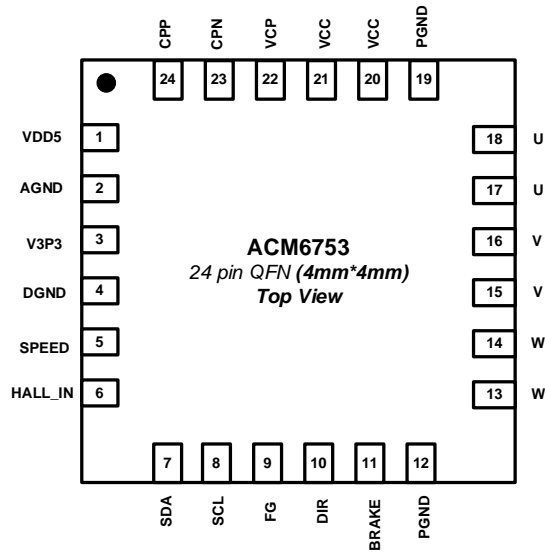
### 4. Device Information

料号	封装	塑封体尺寸
ACM6753	QFN (24)	4 mm × 4 mm



简易应用框图

## 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 15mA.
2	AGND	Ground	模拟地
3	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.
4	DGND	Ground	数字地
5	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. 该管脚工作在 5V 域.
6	HALL_IN	Input	霍尔开关信号输入. 该管脚工作在 3.3V 域.
7	SDA	Input/Output	I <sup>2</sup> C 数据信号. 该管脚工作在 3.3V 域.
8	SCL	Input	I <sup>2</sup> C 时钟信号. 该管脚工作在 3.3V 域.
9	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 3.3V 域, 内部为集电极开漏输出, 需要外挂上拉电阻到 3.3V.
10	DIR	Input	电机运转的方向控制 低电平, 电压相序为 OUT A -> OUT C -> OUT B 高电平, 电压相序为 OUT A -> OUT B -> OUT C 通过外部上拉电阻上拉到 3.3V 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, 19	PGND	Ground	模拟地
13, 14	W	Output	连接电机 W 相
15, 16	V	Output	连接电机 V 相
17, 18	U	Output	连接电机 U 相
20, 21	VCC	Power	供电电源管脚
22	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
23	CPN	Power	电荷泵的开关节点. 通过一个 X5R 或者 X7R, 0.1μF 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 ACM6753 工作电压的两倍.
24	CPP	Power	
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	是否需要传感器	输出电流能力
ACM6573	5V ~ 18V	180° 正弦	无感或者单霍尔	3.2A

## 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<sup>(1)</sup>

		MIN	MAX	UNIT
输入电压 <sup>(2)</sup>	VCC	-0.3	30	V
	SPEED	-0.3	VDD5	
	PGND, AGND, DGND	-0.3	0.3	
	SCL, SDA	-0.3	4	
	BRAKE	-0.3	4	
	HALL_IN	-0.3	4	
	DIR	-0.3	4	
输出电压	U, V, W	-1	26	V
	VDD5	-0.3	7	
	V3P3	-0.3	4	
	FG	-0.3	4	
	VCP	-0.3	V <sub>(VCC)</sub> +5	
	CPP	-0.3	V <sub>(VCC)</sub> +5	
	CPN	-0.3	30	
结温允许工作范围, T <sub>J_MAX</sub>		-40	150	°C
T <sub>stg</sub>	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 <sub>(ESD)</sub>	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, all pins <sup>(1)</sup>	+/- 3000	V
		Charged-device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101, all pins <sup>(2)</sup>	+/- 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	5	12	18	V
电压操作范围	U, V, W	-0.7		21	V
	SPEED	-0.3	5	6	
	SCL, SDA, FG, DIR, BRAKE, HALL_IN	-0.1	3.3	3.6	V
	PGND, AGND, DGND	-0.1		0.1	V
	T <sub>A</sub>	Ambient Operating Temperature	-40		125

## 7.4 Thermal Information

THERMAL METRIC		QFN	UNIT
		24 PINS	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance, 2-side PCB, 1-in. <sup>2</sup> copper	45	°C/W
$R_{\theta IC(top)}$	Junction-to-top case thermal resistance, measure at the center on the top of the package	20	

## 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	
<b>供电电流</b>						
$I_{VCC}$ (VCC 上电流)	Hi-Z 模式	$T_A=25^{\circ}C$ ; SPEED = 0 V; $V_{(VCC)}=12V$ ;		11		mA
	Standby Mode (待机模式) (软件模式下使用, I <sup>2</sup> C 控制)	$T_A=25^{\circ}C$ ; SPEED = 0 V; $V_{(VCC)}=12V$ ;		120	150	
	Sleep Mode (休眠模式) (硬件模式下使用, EFUSE 烧写)	$T_A=25^{\circ}C$ ; SPEED = 0 V; $V_{(VCC)}=12V$ ;		17	25	μA
<b>OVLO (过压保护门限)</b>						
OVLO_R	VCC 过压保护门限	Rise Threshold, $T_A = 25^{\circ}C$		26.5		V
OVLO_F		Fall Threshold, $T_A = 25^{\circ}C$		26		
<b>UVLO (欠压保护门限)</b>						
UVLO_R	VCC 欠压保护门限	Rise Threshold, $T_A = 25^{\circ}C$		4.7		V
UVLO_F		Fall Threshold, $T_A = 25^{\circ}C$		4.4		
<b>LDO OUTPUT (内部 LDO 输出)</b>						
VDD5	$T_A = -40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$		4.8	5	5.2	V
V3P3	$T_A = -40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$		3	3.4	3.6	
<b>INTEGRATED MOSFET (内部功率 MOS 管)</b>						
$R_{DS(ON)}$ 导通电阻	导通电阻 (上管 + 下管)	$T_A=25^{\circ}C$ ; $V_{(VCC)}=12V$ ; $V_{(VCP)}=17V$		0.2		Ω
		$T_A=85^{\circ}C$ ; $V_{(VCC)}=12V$ ; $V_{(VCP)}=17V$		0.26		
<b>SPEED – ANALOG MODE (SPEED pin 模拟电压调速模式)</b>						
$V_{ANA\_FS}$	全速下对应的 SPEED pin 电压			$V_{(V3P3)} \times 0.9$ (3.0)		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
<b>SPEED – PWM DIGITAL MODE (SPEED pin PWM 占空比调速模式)</b>						
$V_{DIG\_IH}$	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
<b>STANDBY MODE (待机模式, 软件模式下使用)</b>						
$V_{EN\_SB}$	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		1			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

参数	测试条件	最小	典型	最大	单位	
<b>SLEEP MODE (休眠模式, 硬件模式下使用)</b>						
$V_{EN\_SL}$	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			1	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 > $V_{DIG\_JH}$		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 < $V_{DIG\_JL}$		5	ms	
<b>DIGITAL I/O (DIR, BRAKE, FG)</b>						
$V_{DIR\_H}$	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	
<b>I<sup>2</sup>C SERIAL INTERFACE</b>						
$V_{I2C\_H}$	I <sup>2</sup> C 高电平判决门限		2.2		V	
$V_{I2C\_L}$	I <sup>2</sup> C 低电平判决门限			0.6	V	
<b>LOCK DETECTION RELEASE TIME</b>						
$T_{LOCK\_OFF}$	堵转保护释放时间 (保护持续时间)			5	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	
<b>OVERCURRENT PROTECTION</b>						
$I_{OC\_LIMIT}$	过流关断门限	$T_A = 25^{\circ}C$ ; PHASE	3.5	4	4.5	A
<b>LOCK DETECTION CURRENT THRESHOLD</b>						
$I_{LOCK\_LIMIT}$	堵转电流保护门限 (可编程设置)	LOCK_CURRENT_THR = 000		0.4		A
		LOCK_CURRENT_THR = 001		0.8		
		LOCK_CURRENT_THR = 010		1.2		
		LOCK_CURRENT_THR = 011		1.6		
		LOCK_CURRENT_THR = 100		2		
		LOCK_CURRENT_THR = 101		2.4		
		LOCK_CURRENT_THR = 110		2.8		
		LOCK_CURRENT_THR = 111		3.2		
<b>THERMAL SHUTDOWN</b>						
$T_{SDN}$	过温关断门限	Shutdown temperature (过温关断门限)		150		$^{\circ}C$
$T_{SDN\_HYS}$		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)		10		$^{\circ}C$

## 8. 功能描述

### 8.1 整体介绍

ACM6753 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 3.2A 相电流。该器件特别适用于需要精简外围、静音、低电压(5V-18V 范围)且要求高功率密度的直流无刷电机驱动应用场景。

ACM6753 可以通过 I<sup>2</sup>C 接口进行电机参数烧写或者 I<sup>2</sup>C 在线控制。工程师在早期调试阶段可以通过 I<sup>2</sup>C 进行调试，系统调试稳定后可以通过 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 进行参数初始化、调速控制。

ACM6753 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。

ACM6753 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 26.5V)或者欠压(低于 4.4V)会将输出功率管关闭以保护芯片。
5. 过温关断。

ACM6753 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 I<sup>2</sup>C 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。

ACM6753 接口非常灵活。除了 I<sup>2</sup>C 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°反相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 C-> OUT B；设置为高电平，电压相序为 OUT A-> OUT B-> OUT C。
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。

ACM6753 内部集成高可靠性、抗干扰能力强的可编程烧写 EFUSE，一旦将电机参数和控制参数烧写进 EFUSE，下次上电(或者不掉电情况下退出休眠模式)会自动将 EFUSE 数据导入进内部参数寄存器。EFUSE 支持 2 次重复烧写。

如果不想烧写，用户可以采用一个外部廉价的 MCU 通过 I<sup>2</sup>C 对电机参数和控制参数进行初始化，也可以用 I<sup>2</sup>C 寄存器进行调速从而增加灵活性。

## 8.2 内部系统框图

ACM6753 内部集成算法控制引擎、可编程 EFUSE、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。

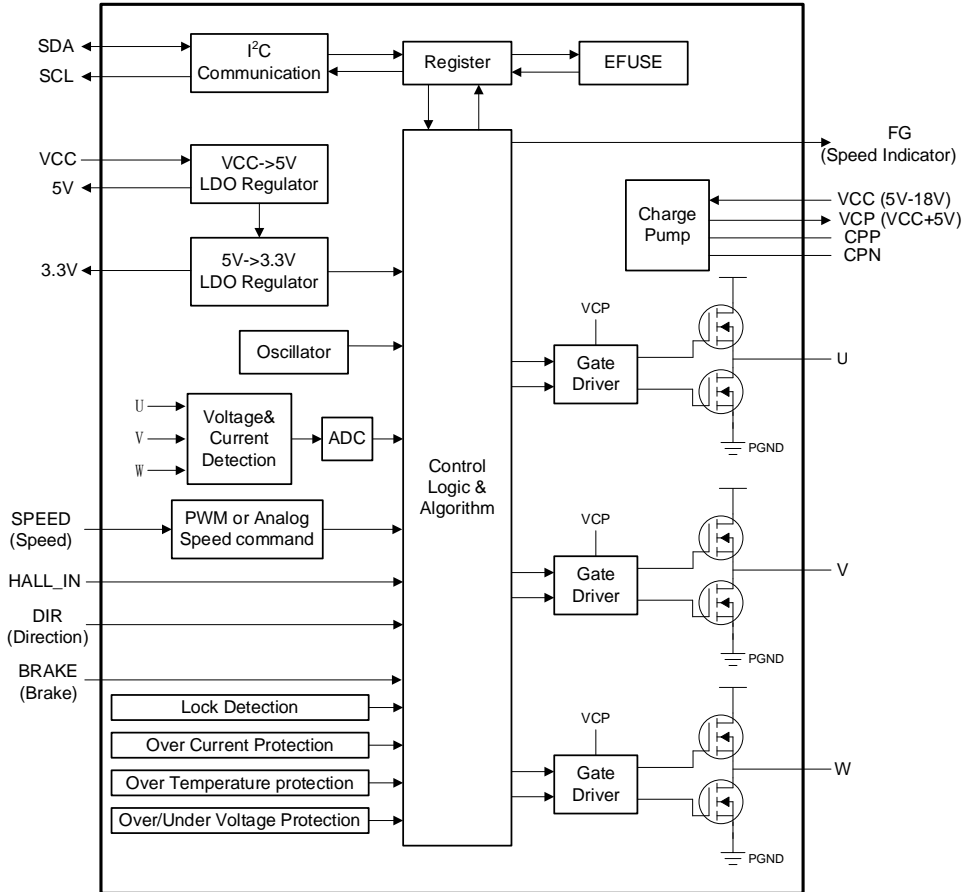


图 1 内部系统框图

## 8.3 功能模块详细介绍

### 8.3.1 内部 LDO

ACM6753 内部集成 1 个 5V LDO 和一个 3.3V LDO。5V LDO 输入电压来自 ACM6753 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 15mA 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

ACM6753 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.

### 9.3.2.2 欠压关断保护

ACM6753 内部集成欠压保护模块. 欠压保护的迟滞电压是 0.3V. 当 VCC 电压低于 4.4V, ACM6753 关断输出, 当 VCC 电压重新升高至 4.7V, ACM6753 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.

### 9.3.2.3 过压关断保护

ACM6753 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 26.5V 后关断输出, 当 VCC 电压降低至 26V 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.

### 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 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 ACM6753 本身. 另外一种与电流保护相关的堵转保护既保护 ACM6753 自身电路也保护电机本体.

ACM6753 可以设置不同的堵转电流保护门限 (具体在 0.4A~3.2A 之间调节), 调节对应的具体寄存器为 0x30 寄存器的 bit [5:3].

### 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后 ACM6753 会关断输出保护电路以及电机本体. 保护发生 5s 时间后再次尝试恢复输出, 如果电机依旧在堵转状态, ACM6753 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.

## 9.3.3 电机速度控制

ACM6753 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 ACM6753 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 (只有在使能速度环的情况才有效).
4. 用 I<sup>2</sup>C 指令进行调速. 通过对 0x01 寄存器 (MSB) 和 0x02 寄存器 (LSB), 进行调速, 512 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；

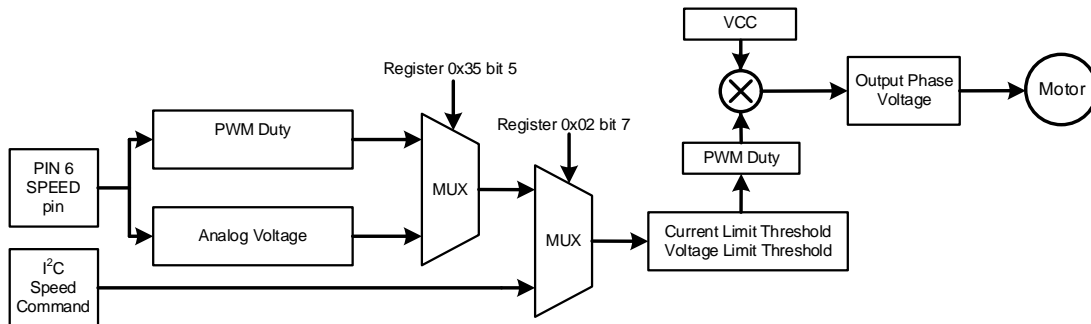


Figure 2 速度控制

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。

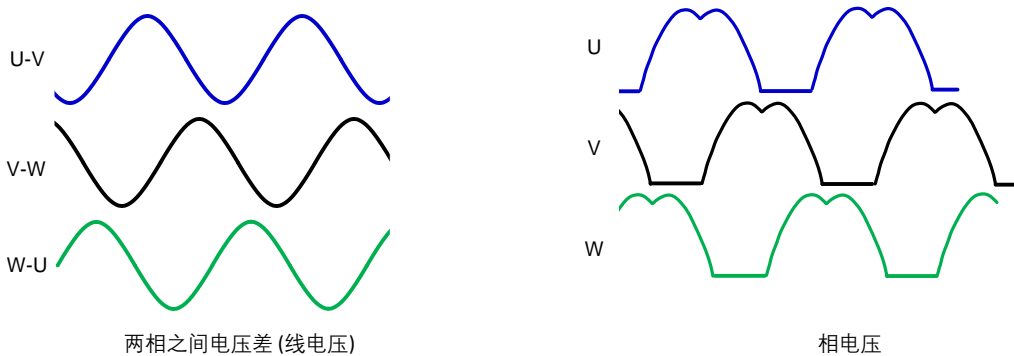


图 3 相电压与线电压波形

ACM6753 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。

### 9.3.4 休眠或者待机模式

ACM6753 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)；

**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 ACM6753 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 ACM6753 进行通信 (通过 I²C 寄存器进行对 ACM6753 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 I<sup>2</sup>C 调速控制模式下, 用 I<sup>2</sup>C 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.

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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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.

### 9.3.5 EFUSE 烧写

ACM6753 内部集成 EFUSE, 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.

烧写成功后, EFUSE 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 ACM6753 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 0x37)
3. 将数据 11001010 (0xCA) 写进寄存器 0x18, 作为使能烧写的密码.
4. 保持寄存器 0x19 的 bit2 MTP\_LAHD\_EN 为 1, 设置寄存器 0x19 的 bit0 MTP\_WRITE 为 1, 开始 EFUSE 烧写.

烧写过程大概需要 ~20 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. ACM6753 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 [11:8] 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 RPH\_CT, RPH\_CT 内部由 11 位二进制码表示, 见下表.

一个 LSB 是 10mΩ.

表 1 电机相电阻设置

Register 0x21, RM [10:8]	Register 0x20, RM [7:0]	RPH_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 $K_e$

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

表 2 反电动势常数 ( $K_e$ ) 设置

Register 0x21, $K_e$ [10:8]	Register 0x22, $K_e$ [7:0]	$K_e$ (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. ACM6753 内置很多功能支持不同初始状态下的启动.

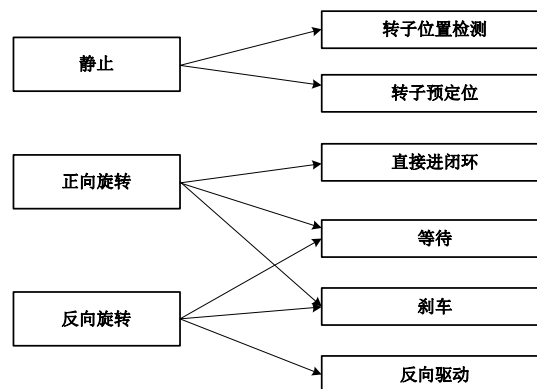


图 4 在不同初始状态下的启动

### 8.4.5.7 速度曲线模式（用于速度闭环）

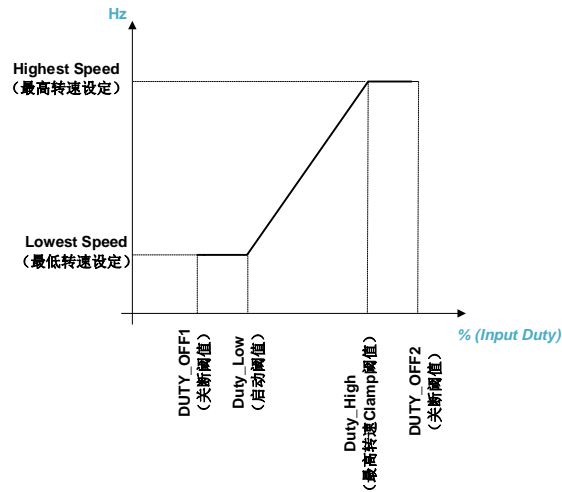


图 11 速度曲线示意图

详细的速度曲线设置可以参考 ACM6753 的调试软件以及相应调试说明文档。

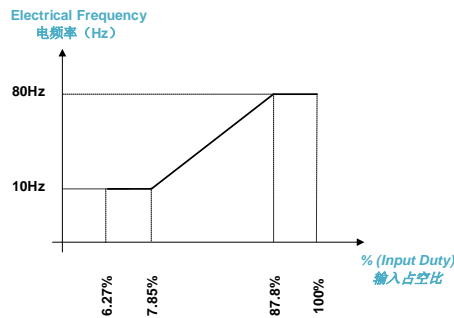


图 12 速度曲线实例

以图 12 为例说明速度曲线的用法。外部调速指令可以有多种输入形式，可以是 I<sup>2</sup>C 调速指令（511 对应 100% 占空比），也可以是模拟调压（SPEED 电压为 3V 电压对应 100% 占空比），也可以是直接的 PWM 占空比。

图 12 中，当输入 PWM 占空比从小到大调整，超过 7.85% 后，电机开始启动，电频率稳定在 10Hz 左右，后面调速进入线性区，当输入 PWM 占空比增大到 87.8% 后再继续增大输入 PWM 占空比，电频率稳定在 80Hz。

### 8.4.6 电流限制

ACM6753 提供多种电流限制保护机制来确保电机工作在一个安全区域。表 3 列出了各种电流限制保护措施。开环加速过程中的电流限制（Open loop current limit）用来限制加速过程中的最大输出电流。这个可以有效避免在加速过程中从电源抽取过大的电流。堵转保护电流限制（Lock Detection Current Limit）可以有效限制电机堵转时的最高电流，从而保护电机本体。过流关断保护（Hardware over current protection）用来保护 ACM6753 自身。

表 3 电流限制设定

电流限制模式	状态	行为	报错机制
Open loop current limit 开环电流限制	Open loop 开环	Limit the output voltage amplitude 限制输出电压幅度	No fault 不会报错

Current loop threshold 闭环电流限制	Close loop 闭环	Limit the output voltage amplitude 限制输出电压幅度	No fault 不会报错
Lock detection current limit 堵转电流保护	Motor locked 电机锁死	Stop Driving the motor and enter lock state 停止驱动电机，输出 MOS 管进入 输出高阻态模式	上报 Lock Current Fault
Hardware Over current protection (OCP) 硬件过流保护	Phase to Phase 相到相短路，相到电 源或者地 短路	Stop driving and recover when OC signal disappeared 过流保护发生，停止 Switching， 过流保护消失，自动恢复	上报 Hardware Over Current Fault

#### 9.4.12 软件控制 (I<sup>2</sup>C) 模式下的应用原理图

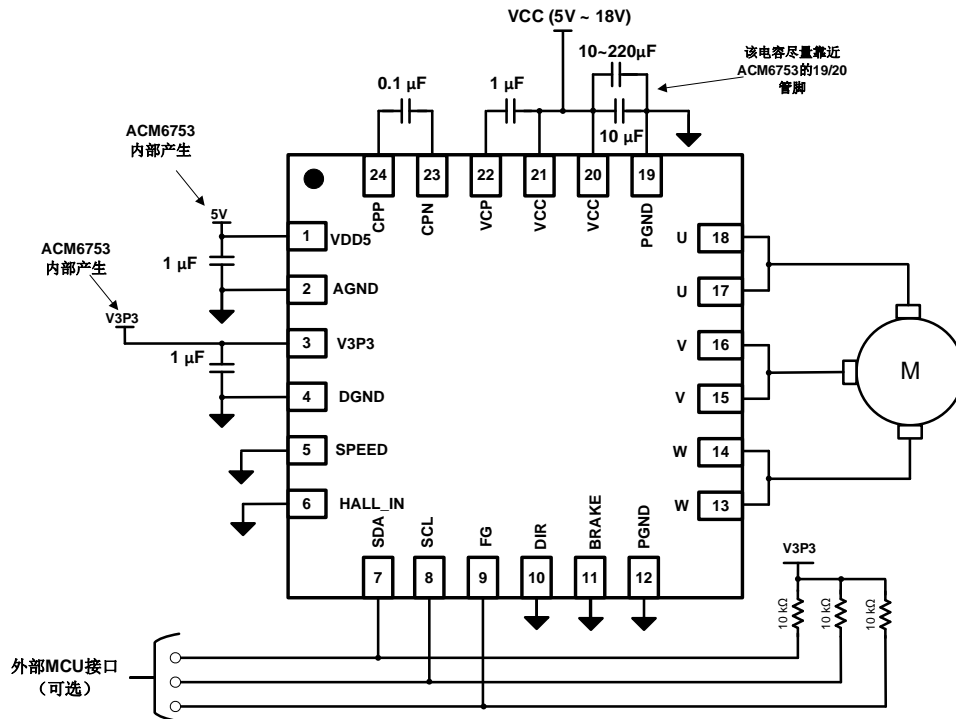


Figure 14 应用原理图 (无感模式)

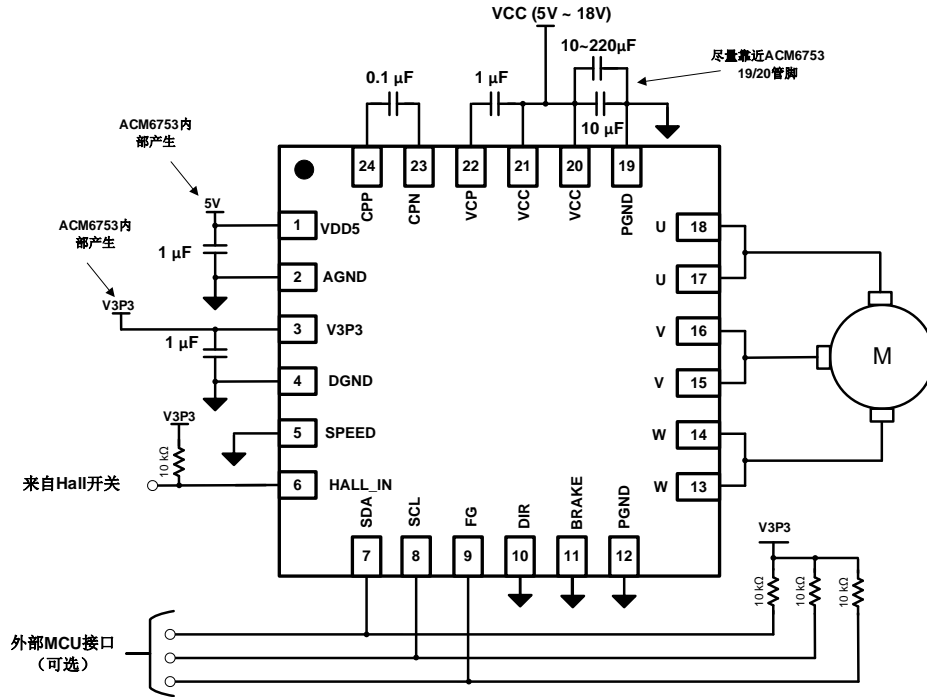


Figure 15 应用原理图 (单霍尔控制模式)

注：霍尔开关的安装位置原则是霍尔开关输出信号相位和U相反电动势呈180度相差（也就是“反相”要求）

### 9.4.13 硬件控制模式下的原理图

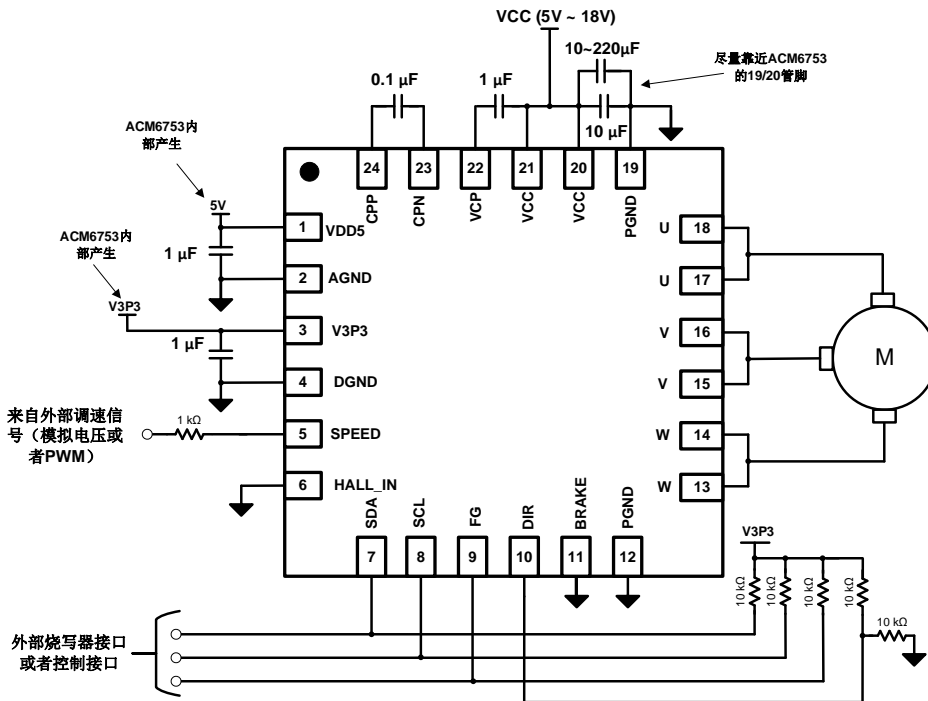


Figure 16 应用原理图(硬件控制模式-EFUSE 编程烧写)

备注：PC 在这里只是作为第一次编程烧写的接口

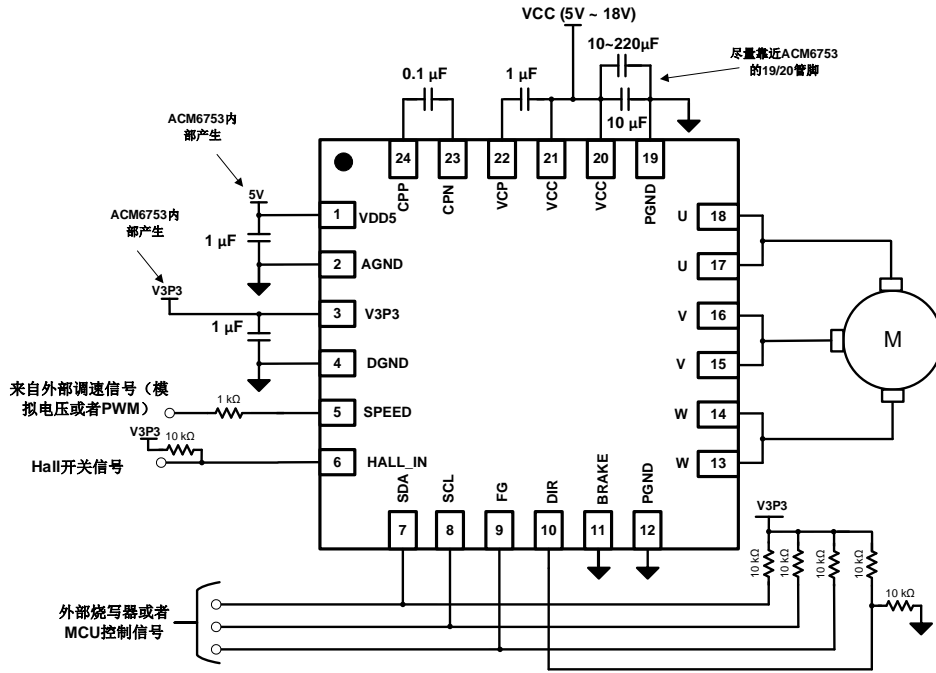


Figure 17 应用原理图 (单霍尔控制模式-EFUSE 编程烧写)

备注: PC 在这里只是作为第一次编程烧写的接口

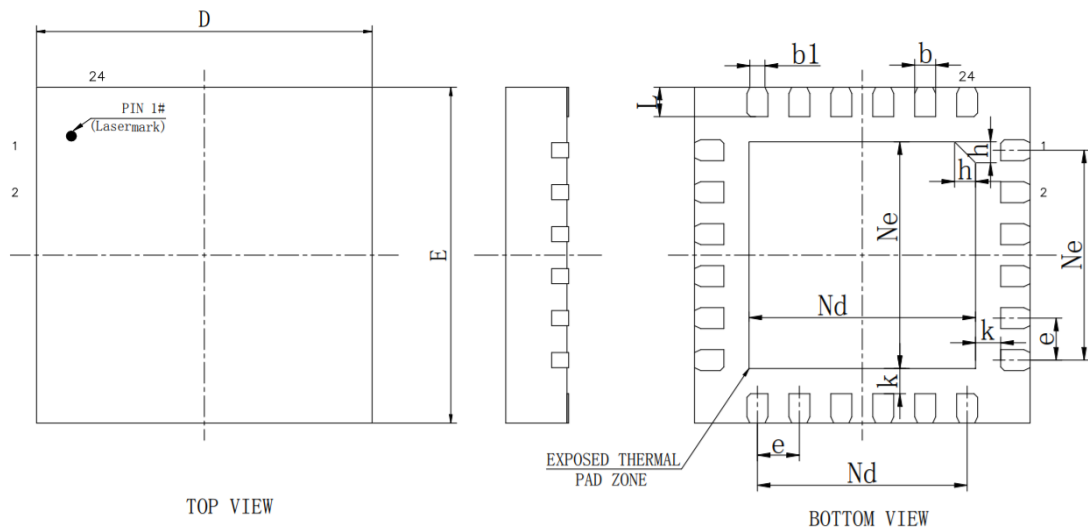
注: 霍尔开关的安装位置原则是霍尔开关输出信号相位和 U 相反电动势呈 180 度相差 (也就是“反相”要求)

### 8.5 寄存器表

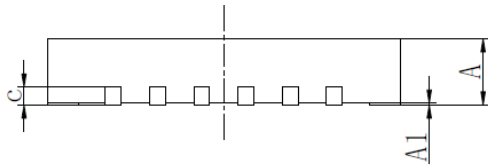
参考 ACM6753 调试软件各项调试参数.

### 9. 封装信息

Orderable Device	Package Type	MPQ	MOQ	Eco Plan	MSL Level	Device Marking
ACM6753	QFN (24 pin) Tape and Reel	5000	5000	RoHS Compliant Lead-Free Finish	MSL3	ACM6753







SIDE VIEW

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05
b	0.20	0.25	0.30
b1	0.18REF		
c	0.203REF		
D	3.90	4.00	4.10
D2	2.60	2.70	2.80
e	0.50BSC		
Ne	2.50BSC		
Nd	2.50BSC		
E	3.90	4.00	4.10
E2	2.60	2.70	2.80
L	0.30	0.35	0.40
h	0.20	0.25	0.30
k	0.30REF		