



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

## 直流无刷电机控制器

### 简介

LD33035 (替代 MC33035) 是高性能第二代单片无刷直流电机控制器, 它包含了开环三相或四相电机控制所需的全部有效功能。

功能包括: 1、用于良好整流序列的转子位置译码器; 2、可提供传感器电源的带温度补偿的参考电压; 3、频率可编程的锯齿波振荡器; 4、三个集电极开路的顶部驱动器; 5、三个非常适用于驱动大功率 MOSFET 的大电流推挽底部驱动器。

保护功能包括: 1、欠压锁定; 2、带可选时间延迟锁存关断模式的逐周限流; 3、内部热关断; 4、特有的可接入微处理器的错误指示。

电机控制功能包括: 1、开环速度控制; 2、正向或反向控制; 3、运行使能; 4、阻尼式制动和。

LD33035 设计为运行带 60°/300° 或 120°/240° 电传感器相位的无刷电机, 并且还能有效地控制有刷直流电机。

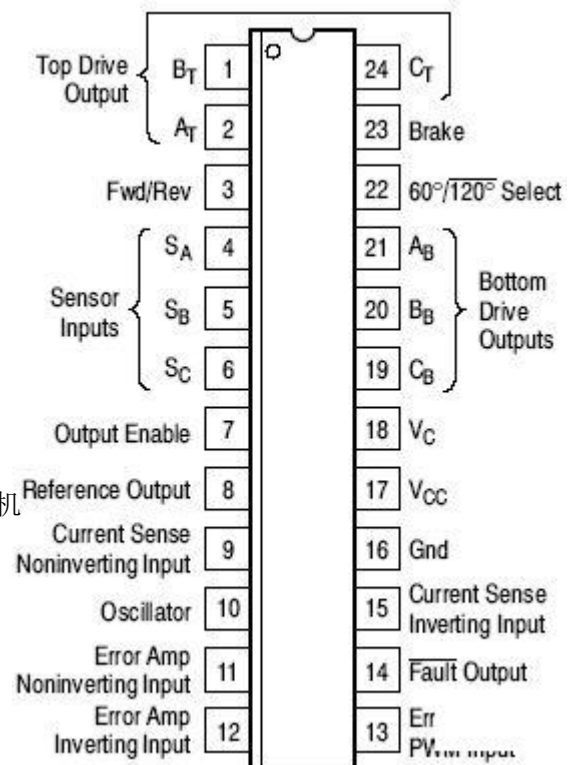
### 特点

- 工作电压 10~30 V
- 欠压锁定
- 可作为传感器电源的 6.25 伏参考电压
- 完全可访问的误差放大器, 用于闭环伺服应用
- 可以大电流驱动控制外部的三个相位 MOSFET 桥
- 逐周期电流限制
- 可外部设定电流检测基准
- 内置热关断
- 可选的 60°/300° 或 120°/240° 传感器相位
- 也可与外部 MOSFET 半桥有效地控制有刷直流电机

### 系列信息

封装	说明
SOP24L (W)	管装, 编带, 无铅
DIP24	管装, 无铅

### 管脚图





**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

### 管脚功能描述

引脚	符号	功能
1、2、24	B <sub>T</sub> 、A <sub>T</sub> 、C <sub>T</sub>	顶部的三个集电极开路驱动输出,设计用于驱动外部的顶部功率开关晶体管。
3	Fwd/Rev	用于改变马达旋转方向的正向/反向输入。
4、5、6	S <sub>A</sub> 、S <sub>B</sub> 、S <sub>C</sub>	这三个传感器输入用于控制相序转换。
7	输出始能	高逻辑电平输入使电机旋转;低逻辑电平输入使电机滑行。
8	基准输出	该输出为振荡器定时电容 C <sub>T</sub> 提供充电电流,作为误差放大器的基准电压。也可作为传感器供电。
9	电流检测同步输入	在预设振荡周期内,该输入与管脚 15 比较,达到 100 mV 时,可以关断相对应的输出端口。该管脚通常连接到电流检测电阻的上端。
10	振荡器	通过调整 R <sub>T</sub> 、C <sub>T</sub> 可以预设振荡器频率。
11	误差放大器同相输入	这个输入端通常连接到速度设定电位分压器。
12	误差放大器反相输入	开环应用时,此输入通常连接到误差放大器输出(管脚 13)。
13	误差放大器输出/PWM 输入	闭环应用时,该管脚能提供补偿。
14	故障输出(低电平有效)	下面一个或几个条件可以使这个集电极开路输出有效低电平:无效的传感器输入码;使能输入为逻辑 0;电流检测输入大于 100mV(9 脚与 15 脚比较);欠压锁定有效;热关断。
15	电流检测反相输入	内部 100 mV 基准门限阈值的管脚。通常连接到电流检测电阻的下端。
16	地	该管脚是控制电路的地,通常连接到电源地。
17	V <sub>cc</sub> 电源	该管脚是控制电路的正电源。V <sub>cc</sub> 工作范围是 10V~30V。
18	V <sub>c</sub>	该管脚电压用于设定底部驱动输出的高状态电压(V <sub>OH</sub> )。V <sub>c</sub> 工作范围是 10V~30V。控制电路可以在 V <sub>c</sub> 范围以外工作。
19、20、21	C <sub>B</sub> 、B <sub>B</sub> 、A <sub>B</sub>	这是三个底部的图腾柱驱动输出电路,设计用于直接驱动外面的底部功率开关晶体管。
22	60° 与 120° 选择	该管脚的高低电位状态用于选择 60° (高电位)或 120° (低电位)电相位传感器的输入。
23	制动	低电位输入允许电机运行;而高电位不允许电机运行,如是电机在运行,用于减速操作。

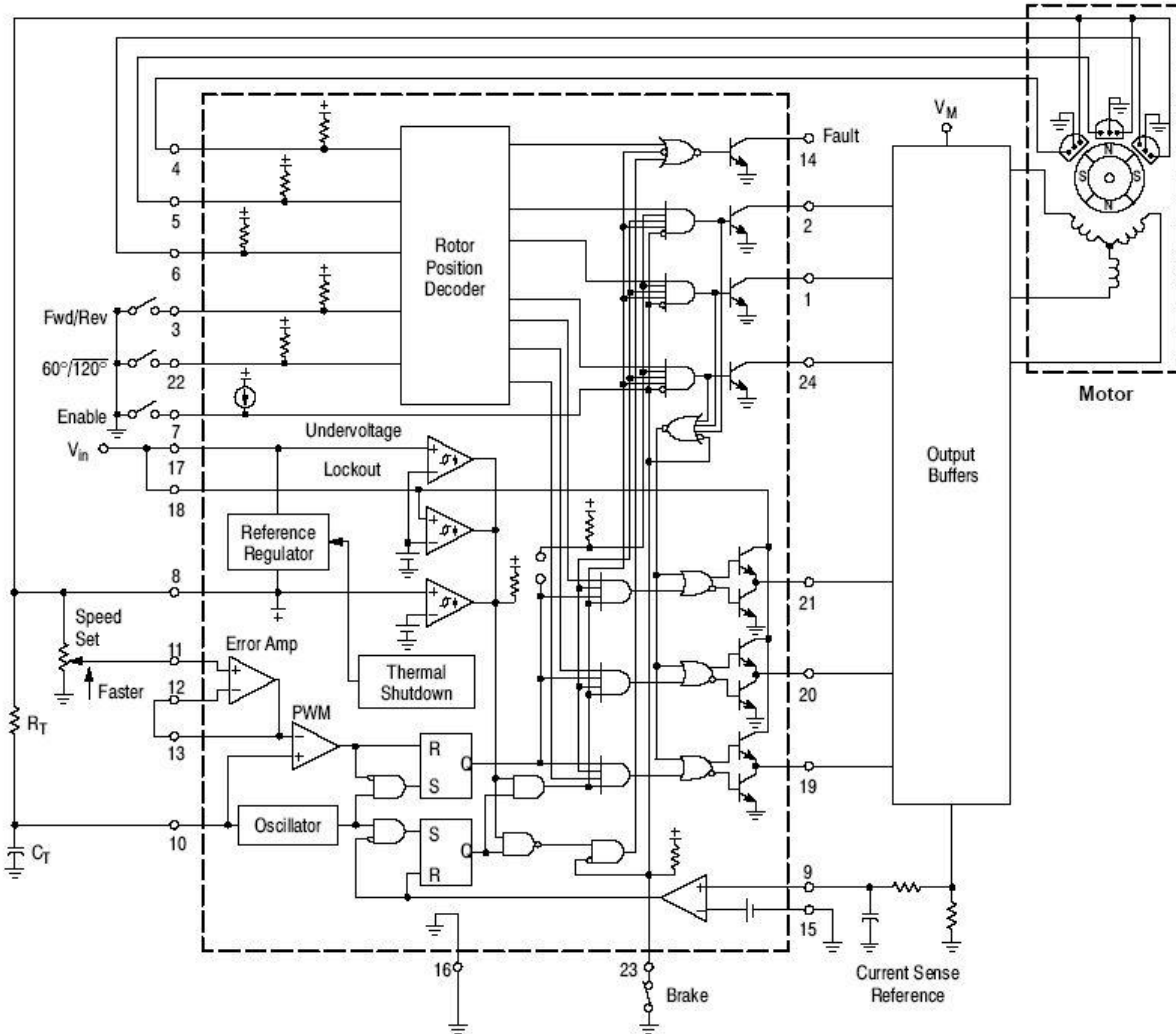


**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

功能示意图





®  
DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

## 极限参数

参数	缩写	数值	单位
电源电压	V <sub>CC</sub>	40	V
数字型输入（管脚 3, 4, 5, 6, 22, 23）	V <sub>S</sub>	V <sub>ref</sub>	V
振荡器输入电流（源电流或陷电流）	I <sub>OSC</sub>	30	mA
误差放大器输入电压范围（管脚 11, 12），注 1	V <sub>IR</sub>	-0.3~ V <sub>ref</sub>	V
误差放大器输出电流（源电流或陷电流），注 2	I <sub>OUT</sub>	10	mA
电流检测输入电压范围（管脚 9, 15）	V <sub>Sense</sub>	-0.3~ 5.0	V
故障输出电压	V <sub>CE(Fault)</sub>	20	V
故障输出陷电流	I <sub>Sink(Fault)</sub>	20	mA
顶部（高速）驱动电压（管脚 1、2、24）	V <sub>CE(top)</sub>	40	V
顶部（高速）驱动陷电流（管脚 1、2、24）	I <sub>Sink(top)</sub>	50	mA
底部（低速）驱动电源电压（管脚 18）	V <sub>C</sub>	30	V
底部（低速）驱动输出电流（源电流或陷电流，管脚 19、20、21）	I <sub>DRV</sub>	100	mA
功率耗散和热特性			
DIP 封装： T <sub>A</sub> = 85℃，最大功率耗散	P <sub>D</sub>	867	mW
热阻，结-环境	R <sub>θJA</sub>	75	℃/W
SOP 封装： T <sub>A</sub> = 85℃，最大功率耗散	P <sub>D</sub>	650	mW
热阻，结-环境	R <sub>θJA</sub>	100	℃/W
工作结温	T <sub>J</sub>	150	℃
工作环境温度范围	T <sub>A</sub>	-40~+125	℃
储存温度范围	T <sub>stg</sub>	-65~+150	℃



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

电参数 ( $V_{CC}=V_C=20V$ ,  $R_T=4.7k$ ,  $C_T=10nF$ ,  $T_A=25^\circ C$ , 除非另外说明)

参数		缩写	最小值	典型值	最大值	单位
<b>参考</b>						
基准输出电压 ( $I_{ref}=1.0mA$ )		$V_{ref}$	5.9	6.24	6.5	V
输入电压线路调节 ( $V_{CC}=10$ 至 $30V$ , $I_{ref}=1.0mA$ )		$Reg_{line}$		1.5	30	mV
负载调节		$Reg_{load}$		16	30	mV
输出短路电流		$I_{SC}$	40	75		mA
基准欠电压锁定阈值		$V_{th}$	4.0	4.5	5.0	V
<b>误差放大器</b>						
输入失调电压		$V_{IO}$		0.4	10	mV
输入失调电流		$I_{IO}$		8.0	500	nA
输入偏置电流		$I_{IB}$		-46	-1000	
共模电压输入范围		$V_{ICR}$	0V 至 $V_{ref}$			V
开环电压增益 ( $V_o=3.0V$ , $R_L=15k$ )		$A_{VOL}$	70	80		dB
共模输入抑制比		$CMRR$	55	86		
电源抑制比		$PSRR$	65	105		
输出电压波动:	高电平状态 ( $R_L=15k$ 对地)	$V_{OH}$	4.6	5.3		V
	低电平状态 ( $R_L=15k$ 对 $V_{ref}$ )	$V_{OL}$		0.5	1.0	
<b>振荡器</b>						
振荡频率		$f_{osc}$	22	25	28	kHz
相对电压的频率变化		$f_{osc}/\Delta V$		0.01	5.0	%
锯齿波峰电压		$V_{OSC(P)}$		4.1	4.5	V
锯齿波谷电压		$V_{OSC(V)}$	1.2	1.5		V
<b>逻辑输入</b>						
输入门限电压 (管脚 3、4、5、6、7、22、23)						
高电平状态		$V_{IH}$	3.0	2.2		V
低电平状态		$V_{IL}$		1.7	0.8	
传感器输入 (管脚 4、5、6)						
高电平输入电流 ( $V_{IH}=5.0V$ )		$I_{IH}$	-150	-70	-20	$\mu A$
低电平输入电流 ( $V_{IL}=0V$ )		$I_{IL}$	-600	-337	-150	



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

电参数 (续) ( $V_{CC}=V_C=20V$ ,  $R_T=4.7k$ ,  $C_T=10nF$ ,  $T_A=25^\circ C$ , 除非另外说明)

参数	缩写	最小值	典型值	最大值	单位	
正向/反向, $60^\circ/120^\circ$ 选择 (管脚 3、22、23)						
高电平输入电流 ( $V_{IH}=5.0V$ )	$I_{IH}$	-75	-36	-10	$\mu A$	
低电平输入电流 ( $V_{IL}=0V$ )	$I_{IL}$	-300	-175	-75		
输出始能						
高电平输入电流 ( $V_{IH}=5.0V$ )	$I_{IH}$	-60	-29	-10	$\mu A$	
低电平输入电流 ( $V_{IL}=0V$ )	$I_{IL}$	-60	-29	-10		
<b>电流限制比较器</b>						
门限电压	$V_{th}$	85	101	115	mV	
共模电压输入范围	$V_{ICR}$		3.0		V	
输入偏置电流	$I_{IB}$		-0.9	-5.0	$\mu A$	
<b>输出和电源部分</b>						
顶部 (高速) 驱动饱和输出陷电压 ( $I_{sink}=25mA$ )	$V_{CE(sat)}$		0.5	1.5	V	
顶部 (高速) 驱动输出关闭的漏电流 ( $V_{CE}=30V$ )	$I_{DRV(leak)}$		0.06	100	$\mu A$	
顶部 (高速) 驱动开关时间 ( $C_L=47pF$ , $R_L=1.0k$ )						
上升时间	$t_r$		107	300	ns	
下降时间	$t_f$		26	300		
底部 (低速) 驱动输出电压						
高电平 ( $V_{CC}=20V$ , $V_C=30V$ , $I_{source}=50mA$ )	$V_{OH}$	$V_{CC}-2.0$	$V_{CC}-1.1$		V	
低电平 ( $V_{CC}=20V$ , $V_C=30V$ , $I_{sink}=50mA$ )	$V_{OL}$		1.5	2.0		
底部 (低速) 驱动开关时间 ( $C_L=1000pF$ )						
上升时间	$t_r$		38	200	ns	
下降时间	$t_f$		30	200		
故障输出饱和陷电压 ( $I_{sink}=16mA$ )	$V_{CE(sat)}$		225	500	mV	
故障输出关闭状态漏电流 ( $V_{CE}=20V$ )	$I_{FLT(leak)}$		1.0	100	$\mu A$	
低压锁定:	驱动输出始能电压 ( $V_{CC}$ 或 $V_C$ 增加)	$V_{th(on)}$	8.2	8.9	10	V
	滞后	$V_H$	0.1	0.2	0.3	
电源电流:	管脚 17 ( $V_{CC}=V_C=20V$ )	$I_{CC}$		12	16	mA
	管脚 17 ( $V_{CC}=20V$ , $V_C=30V$ )			14	20	
	管脚 18 ( $V_{CC}=V_C=20V$ )	$I_C$		3.5	6.0	
	管脚 18 ( $V_{CC}=20V$ , $V_C=30V$ )			5.0	10	

注: 1、输入共模电压或输入信号电压不应超过-0.3V。

2、调节电压不得超过-0.3 至  $V_{REF}$  范围。

丹东华奥电子有限公司

<http://www.huaoe.com>



®  
DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

## 介绍

LD33035（替代 MC33035）是一种单片的直流无刷电机控制器，它包含了开环控制、三或四相电机控制系统所需的全部功能。此外，也可以用于控制直流有刷电机。采用双极性模拟技术，其全功能和高耐用性非常适合与恶劣的工业环境。

功能包括：1、准确转动位置测序的转子译码器；2、可向传感器提供电源、并带温度补偿的基准电平；3、可预设频率的锯齿波振荡器；4、全幅的误差信号放大器；5、脉宽调制比较器；6、顶部（高速）的三个集电极开路驱动器；7、底部（低速）的三个用于驱动功率场效应管 MOSFET 的大电流图腾柱电路。

保护功能包括：1、欠压锁定；2、可预设关断延迟时间的逐周期电流限制模式；3、内部热关断；4、可以连接到微处理器控制系统的故障输出口。

电机控制功能包括：1、开环速度控制；2、正、反向运行控制；3、运动使能；4、阻尼式动态制动；5、通过 60° /120° 选择管脚, 可以设置转子位置译码器, 使之适合于 60° 或 120° 的传感器电气相位输入。

**方框图功能说明：**典型应用方框图见图 19，其它各种应用方框图见图 36、38、39、43、45 和 46。下面各种方框图中关于内部功能和特性的说明，都要参照图 19 和图 36。

### 转子位置译码器

内部转子位置译码器监控三个传感器输入（管脚 4、5、6）为顶部（高速）和底部（低速）驱动提供适当的换相输出。传感器输入端口设计为可以直接连接到集电极开路型霍尔效应开关或光电耦合器（通过旋转开槽孔）。内部上拉电阻可以保证外部器件的小信号输入有效。兼容典型门限为 2.2 V 的 TTL 电平输入。LD33035 是专门为控制三相马达设计的，可以在最多四种传感器相位下工作。通过管脚 22（60° /120° 选择输入）可以便利的完成 LD33035 内部设置，能够控制 60°、120°、240° 或 300° 电相位传感器的电动机。三个传感器输入能够组合成八组可能的输入代码，其中的六组用于有效转子位置。剩下的两组代码是无效的，通常是由某个传感器线的开路或短路引起。利用 6 个有效输入编码, 译码器可以在使用 60° 电气相位的窗口内分辨出电机转子的位置。

正向/后退输入（管脚 3）通过逆转定子线圈电压来改变马达旋转方向。在给定一个传感器输入代码（例如 100）的情况下，当输入状态从高电平转换到低电平时，顶部（快速）和底部（慢速）驱动器输出分别换相到指定的相同字母的驱动器（AT~AB, BT~BB, CT~CB），结果，换相序列颠倒，马达旋转方向改变。

输出始能（引脚 7）用于电机的开/关控制。悬空时，内部 25μA 电流源能使顶部（快速）和底部（慢速）驱动顺序输出。当接地时，上部驱动输出关闭，低速驱动则强制为低电平，使电机进入滑行状态和故障输出口低电平有效。

阻尼式的电机制动功能让最终产品的设计增加了新的安全保证。当制动输入（管脚 23）接高电位时实施制动。此时顶部（快速）驱动输出全部关断，底部（慢速）驱动全部接通，电机短接产生电磁场（EMF）。制动输入较所有的其它输入具有无条件的优先权。



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

这个端口悬空或断开连接时，端口内部直接有 40k $\Omega$  的上拉电阻，确保制动开关系统安全有效。相位逻辑真值表见图 20。此电路中用一个四输入的或非门用来监视制动输入，及三个顶部（高速）驱动输出晶体管的输入。其目的是当顶部（高速）驱动输出达到高电位时才能制动，防止顶部（高速）和底部（低速）电源同时开关导通。在半波电动机驱动应用中，不需要顶部（高速）驱动输出，该管脚通常不连接。在或非门（NOR）感测到顶部（高速）驱动输出晶体管的基极电压的这些条件下，才能完成制动。

### 误差信号放大器

这是一个高性能、全补偿，连接有输入和输出（管脚 11、12、13）的误差放大器，可以方便地进行闭环电机速度控制。该放大器具有典型的 80dB 直流电压增益，0.6MHz 的增益带宽，以及从地 GND 到  $V_{ref}$  的宽共模输入电压范围。在大多数的开环速率控制应用中，放大器配置作为一个整体的电压增益输出跟随器，并且放大器输入连接马达速率设置电压源。附加设置方法见图 31 至图 35。

### 振荡器

通过定时元件  $R_T$  和  $C_T$  设置内部锯齿波振荡器的频率。电容  $C_T$  通过电阻  $R_T$  由基准输出（管脚 8）进行充电，通过内部放电晶体管进行放电。锯齿波的波峰、波谷典型电压分别为 4.1V 和 1.5V。考虑到声频噪声和输出转换效率两者之间取得一个更好的折衷，推荐的振荡器频率在 20 至 30kHz 范围内。定时元件选择见图 1。

### PWM 脉冲宽度调制器

用脉冲宽度调制的方式控制电机速度，通过改变每个相位期间定子绕组上的平均电压时间宽度，进行有效的能量控制。当  $C_T$  放电时，振荡器设定两个锁存器，并允许顶部（高速）和底部（低速）驱动输出导通。当误差放大器的输出大于  $C_T$  的正向锯齿波时，PWM 比较器开启顶部（高速）驱动输出，关闭底部（低速）驱动输出。脉冲宽度调制器的时序见图 21。仅当底部（低速）驱动输出时脉宽调制器才对速度控制有效。。

### 电流限制

电机严重过载时的连续运行会导致过热和最终损坏。用逐周期电流限制可以有效地防止这种损坏，也就是每个周期检测一次。逐周电流限制可由监控每次输出开关导通时定子电流的建立实现，并且当检测到一个过电流条件时立刻关闭该开关，并使其在振荡器的锯齿波上升周期的剩余时间里保持关闭。定子电流通过接入一个对地参考检测电阻  $R_S$  转换成电压(图 36)，该电阻与三个底部开关晶体管(Q4, Q5, Q6) 串联。。通过电流检测输入端口（管脚 9 和 15）监控取样电阻两端产生的电压，并与内部 100mV 参考电压进行比较。电流检测比较器输入有大约 3.0V 的共模输入范围。在超过 100mV 电流检测门限时，比较器重置底部锁存器并关闭输出导通开关。取样电阻  $R_S$  计算：
$$R_S = \frac{0.1}{I_{stator(max)}}$$

在过电流状态时故障输出端口被激活，低电位有效。此电路的双重锁存 PWM 结构确保了在任何振荡周期，不管误差放大器或电流限制比较器被终止，都只有一个输出导电脉冲。





**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

### 基准电平

内部的 6.25V 调节器（管脚 8），为振荡器定时电容提供充电电流，为误差放大器提供基准电压，并且可以在低电压应用时直接为传感器提供 20mA 供电电流。在高电压应用中，调节器能够在需要时转换为关闭集成电路的所有功率消耗。通过外加一个旁路晶体管，这是很容易实现的，见图 22。若  $V_{ref} - V_{BE}$  超过霍尔效应传感器过热所要求的最小电压，可以简单的选择用这个 6.25V 基准电压控制 NPN 电路来实现。选择合适的晶体管，适当的散热片，可以获得最大为 1 安的负载电流。

### 欠压闭锁

内部有一个三合一欠压锁定，用于防止损坏 IC 和外部电源开关晶体管。在低电压的条件下，它保证 IC 和传感器的全功能应用，并且有足够的底部（低速）驱动输出电压。分别用 9.1V 门限的独立比较器监测集成电路的正电源 VCC 和底部（低速）驱动电源 VC。这样在驱动标准的功率 MOSFET 器件时，确保有足够的栅极驱动，来实现低通态漏源电阻  $R_{DS(ON)}$ 。从基准输出直接为霍尔传感器供电，在基准输出电压低于 4.5V 时，会导致传感器不能正常工作，第三个比较器用于检测这种情况。如果一个或多个比较器检测到欠压状态，故障输出被激活，上部（高速）驱动器关闭，底部（低速）驱动器处于低电平输出状态。每一个比较器都有滞后电路，防止在各自门限交叉时产生抖动。

### 故障指示输出

集电极开路的故障输出（管脚 14），目的是在系统发生故障时提供诊断信息。它有 16mA 的吸收电流能力，可直接驱动发光二极管指示。此外，它能很容易地用与 TTL/CMOS 微处理器控制系统的逻辑接口。下面一个或多个条件发生时，故障输出低电平：

- 1) 无效的传感器输入代码
- 2) 输出始能为逻辑低 [0]
- 3) 电流检测输入大于 100mV
- 4) 一个或多个比较器有效，激活欠压闭锁
- 5) 热关机，超过最高结温

这个独立的输出也可以用来判断电机启动和过载状态的持续运行。在故障输出和始能输入之间加入 RC 网络，可以设置一个过流关断锁存的延迟时间。增加的线路见图 23，由于提供额外的启动扭矩而使得有较大惰性的电机启动更容易，并保持有过流保护的功能。可以通过将电流极限设定高于正常值达到一定的预留时间。在长时间的过流条件下，电容 CDLY 将被充电，造成使能脚的输入超过门限值而形成低电平状态。然后，从故障输出端口到输出始能端口的正反馈回路形成一个闭锁。当电流检测输入一旦设定，只有通过将 CDLY 短路、或电源重置才能复位。

### 驱动输出

三个顶部（高速）驱动输出（管脚 1、2、24）是集电极开路 NPN 晶体管，能够吸收 50mA 电流，最低击穿电压 30V。用图 24 和图 25 所示的接口电路，可以实现高电压应用。



三个图腾柱底部（慢速）驱动输出（管脚 19、20、21）特别适合于直接驱动 N 沟道 MOSFET 或 NPN 双极晶体管，见图 26、27、28、29。每个输出的拉电流和陷电流高达 100mA。底部（低速）驱动输出电路由电源 VC（管脚 18）供电。底部（低速）的驱动是通过 VC(管脚 18) 来供电，这个单独的供电输入让设计者可不受 VCC 影响，自如地调整该驱动电压。当用大于 20V 的 VCC 驱动功率 MOSFET 系统时，这些输入端口要连接齐纳钳位二极管，以防止 MOSFET 栅极击穿。

控制电路的接地(管脚 16) 和电流感应反相输入(管脚 15) 必须通过各自回路接入电源的公共地。

**热关断**

内部热关断电路在集成电路超过最高结温时提供保护。典型值为 170° C, 激活时集成电路 IC 此时就像输出使能脚被接地一样。

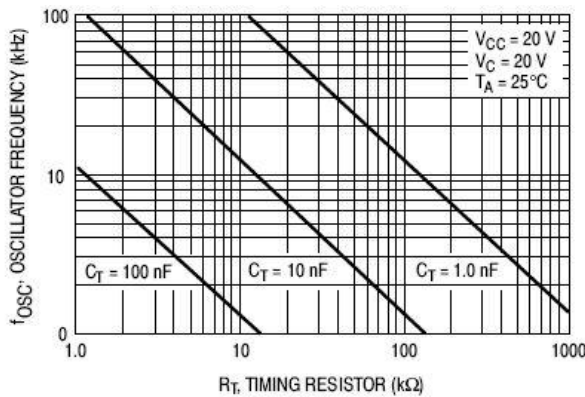
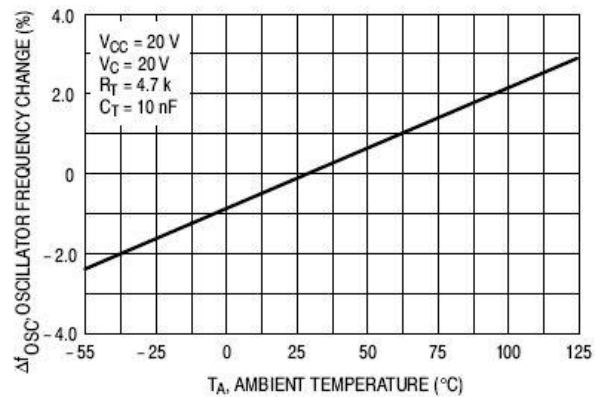


图 1. 振荡频率与定时电阻 图



2. 振荡频率变化与温度

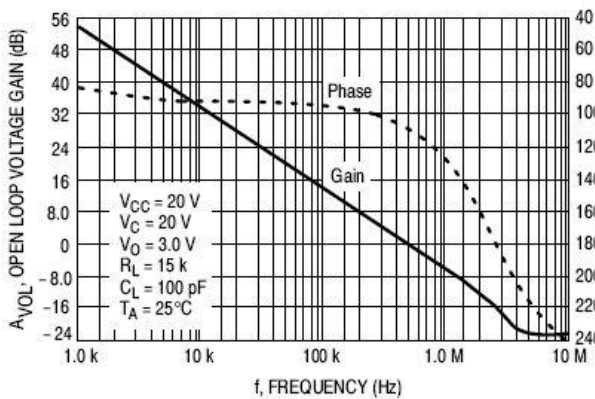


图 3. 误差放大器开环增益和相位与频率

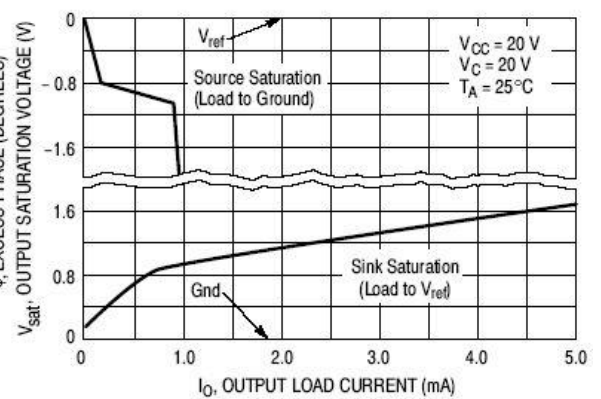


图 4. 误差放大器输出饱和电压与负载电流

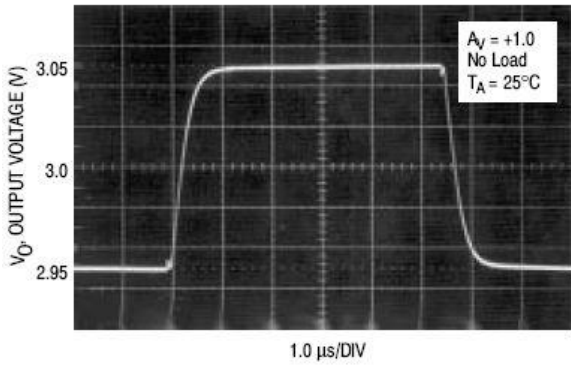


图 5. 误差放大器小信号瞬态响应

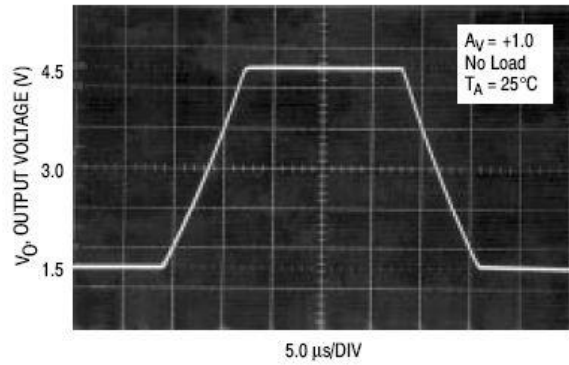


图 6. 误差放大器大信号瞬态响应

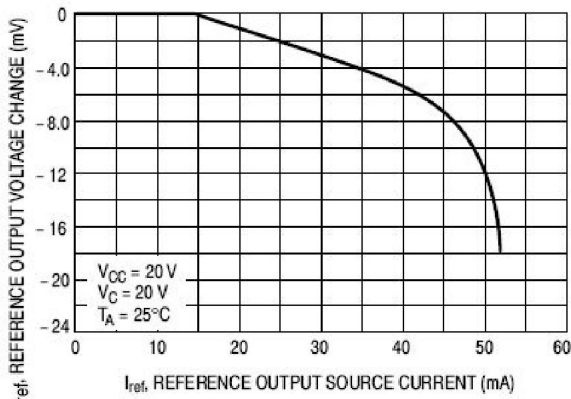


图 7. 参考输出电压变化与输出源电流

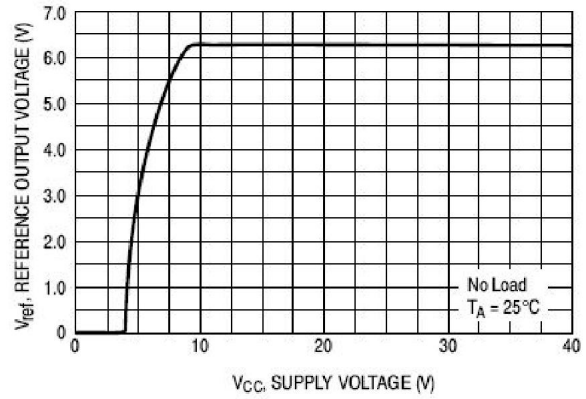


图 8. 参考输出电压与电源电压

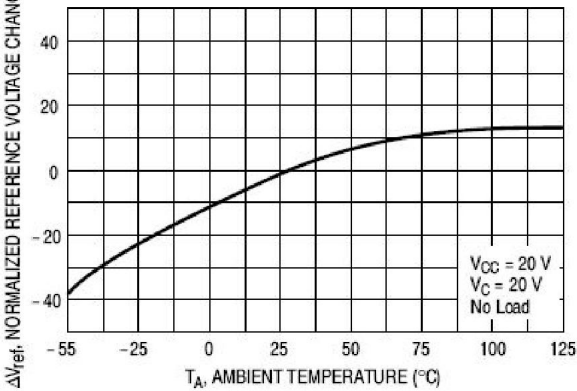


图 9. 参考输出电压与温度

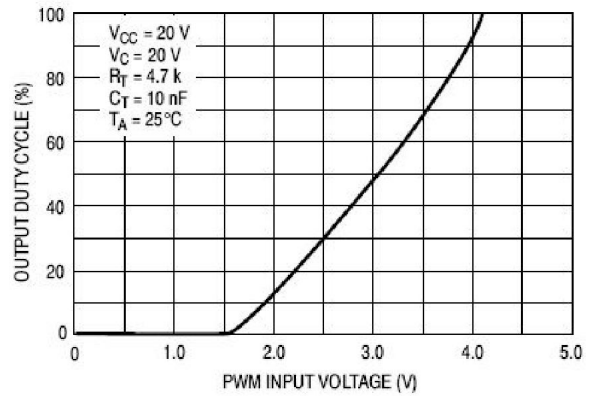


图 10. 输出占空比与 PWM 输入电压



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

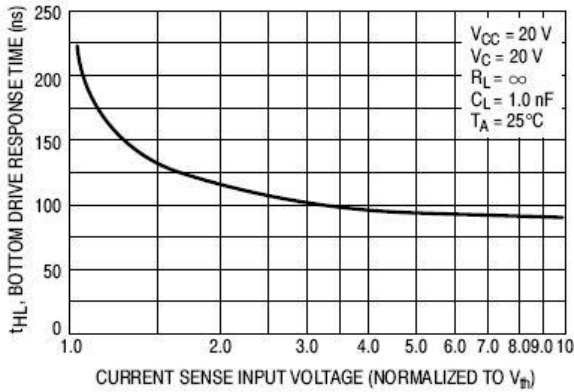


图 11. 下部驱动响应时间与电流检测输入电压

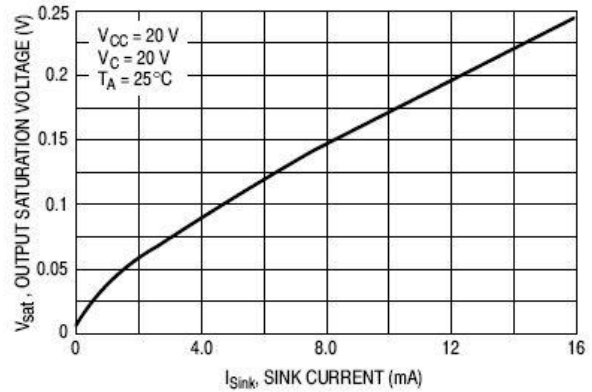


图 12. 饱和故障输出与灌电流

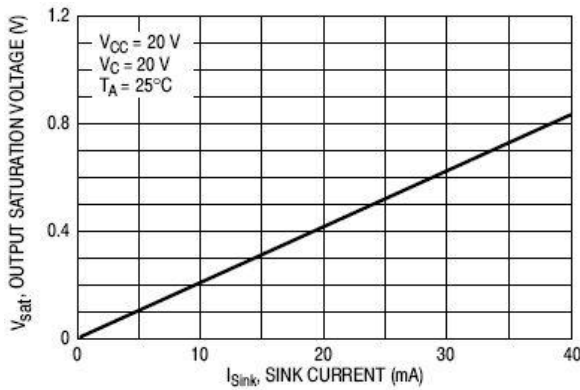


图 13. 上部驱动输出饱和电压与灌电流

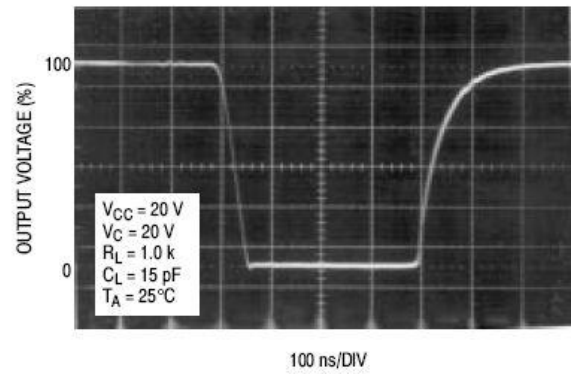


图 14. 上部驱动输出波形

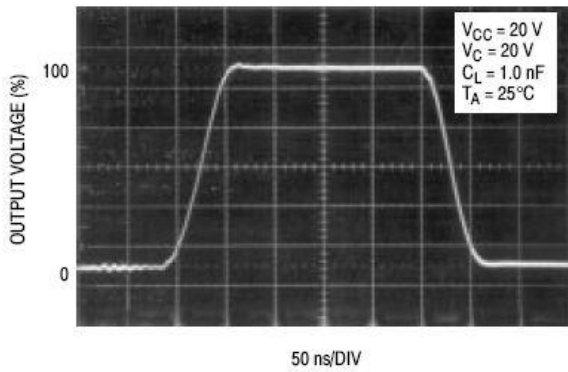


图 15. 下部驱动输出波形

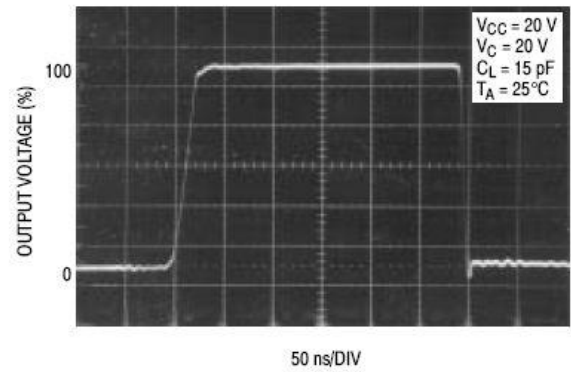


图 16. 下部驱动输出波形



DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

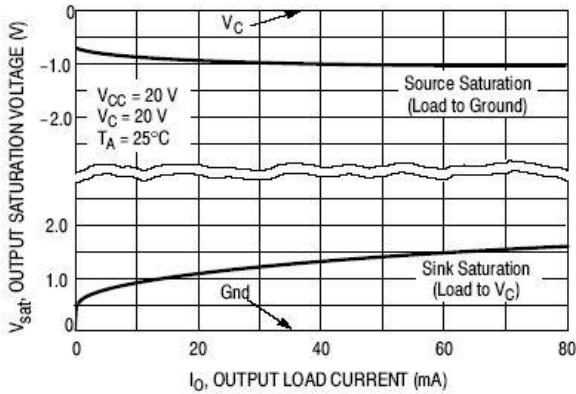


图 17. 下部驱动输出饱和电压与负载电流

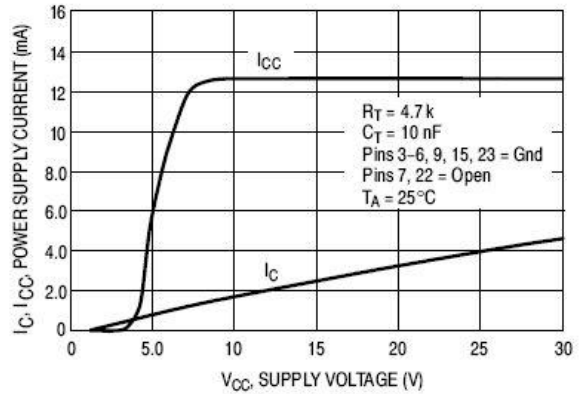


图 18. 功率和下部驱动电源电流与电源电压

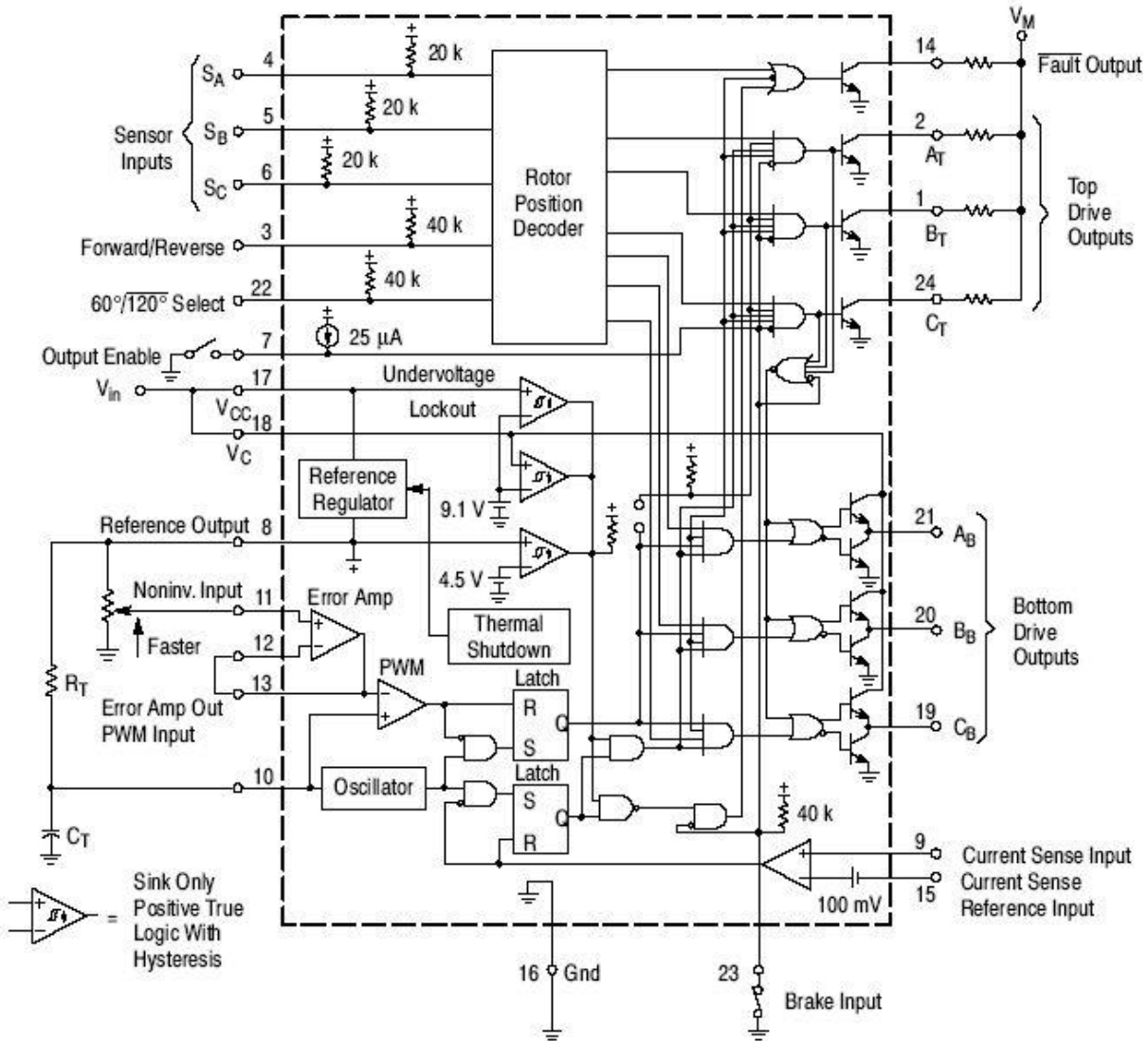


图 19. 典型方框图



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

Inputs (Note 2)										Outputs (Note 3)							
Sensor Electrical Phasing (Note 4)						F/R	Enable	Brake	Current Sense	Top Drives			Bottom Drives			Fault	
60°			120°							A <sub>T</sub>	B <sub>T</sub>	C <sub>T</sub>	A <sub>B</sub>	B <sub>B</sub>			C <sub>B</sub>
S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>												
1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	(Note 5) F/R = 1
1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	
1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	
0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	(Note 5) F/R = 0
1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	
1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	
0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
1	0	1	1	1	1	X	X	0	X	1	1	1	0	0	0	0	(Note 6) Brake = 0
0	1	0	0	0	0	X	X	0	X	1	1	1	0	0	0	0	
1	0	1	1	1	1	X	X	1	X	1	1	1	1	1	1	0	(Note 7) Brake = 1
0	1	0	0	0	0	X	X	1	X	1	1	1	1	1	1	0	
V	V	V	V	V	V	X	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	(Note 8)
V	V	V	V	V	V	X	0	1	X	1	1	1	1	1	1	0	(Note 9)
V	V	V	V	V	V	X	0	0	X	1	1	1	0	0	0	0	(Note 10)
V	V	V	V	V	V	X	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	(Note 11)

图 20. 三相、六步换相真值表

注：1、V=六个有效传感器或驱动器组合之一，X=不关注。

2、数字输入（管脚 3、4、5、6、7、22、23）都兼容 TTL。电流检测输入（管脚 9）相对与管脚 15 有一个 100mV 门限。<85mV 定义为逻辑 0 输入，>115mV 定义为逻辑 1 输入。

3、故障和上部驱动输出是集电极开路设计，低状态（0）有效。

4、60° /120° 选择（管脚 22）为高（1），设置为 60° 传感器电相位输入。为低（0），设置为 120° 传感器电相位输入。

5、有效的 60° 或 120° 传感器组合对应有效的上部和下部驱动输出。

6、无效的传感器输入相对制动=0；所有的上部和下部驱动关，故障输出低。

7、无效的传感器输入相对制动=1；所有的上部和下部驱动开，故障输出低。

8、有效的 60° 或 120° 传感器输入相对制动=1；所有上部驱动关和下部驱动开，故障输出高。

9、有效的传感器输入相对制动=1 和始能=0；所有上部驱动关和下部驱动开，故障输出低。

10、有效的传感器输入相对制动=0 和始能=0；所有上部和下部驱动关，故障输出低。

11、所有下部驱动关，故障输出低。

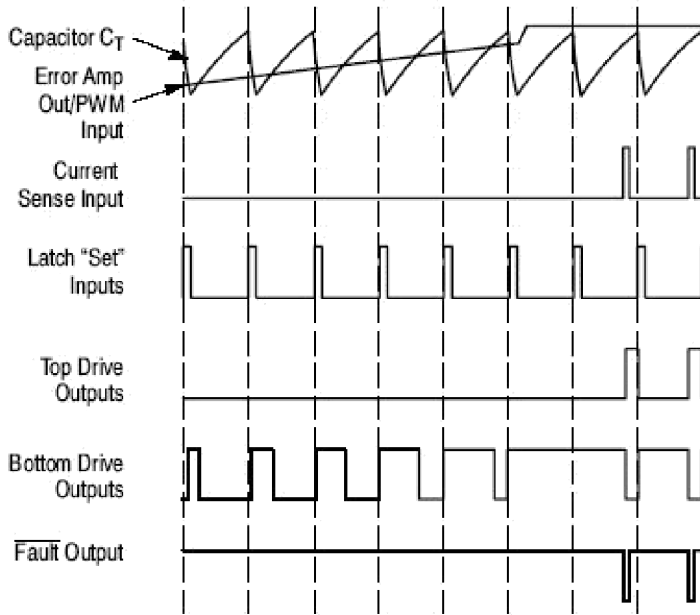


图 21. 脉宽调制时序图

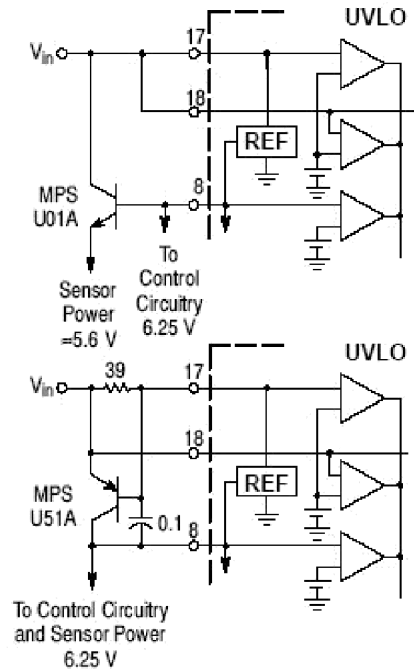


图 22. 参考输出缓冲

见图 22，建议使用 NPN 电路用于为功率型霍尔和光电传感器供电，此电路中输出电压温度系数不是很重要。PNP 电路稍微复杂一些，但也能更精确地控制温度。两个电路都能限制电流。

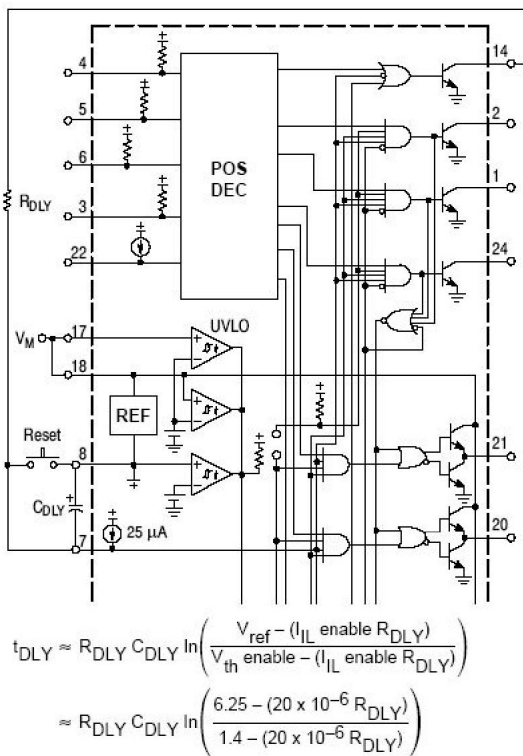


图 23. 过电流停机延迟闭锁时间

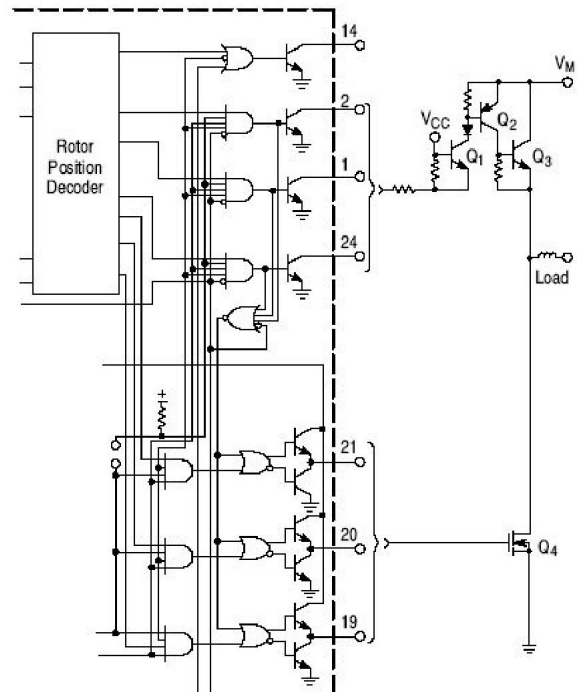


图 24. 用 NPN 功率晶体管的高压接口



见图 24，在电机电压 VM 高与 VCC 时，VCC 为晶体管 Q1 的基极供电。若 VM 低与 VCC 时，则需要  
在 Q1 集电极连接一个二极管。

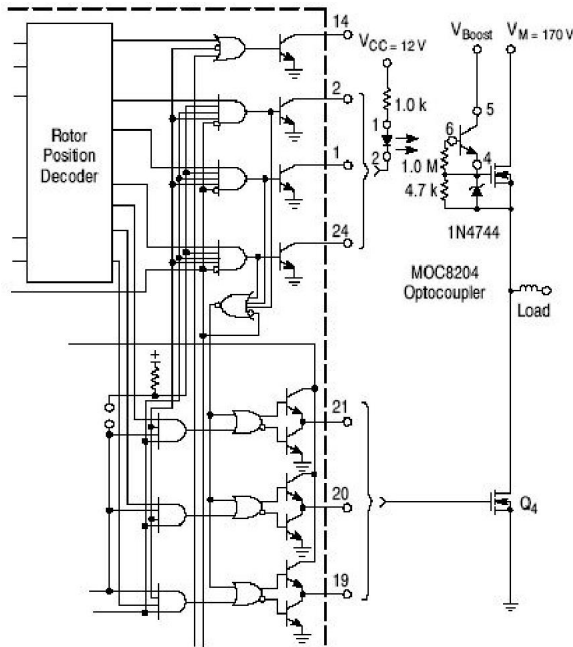


图 25. 用 N 沟道功率 MOSFET 的高压接口

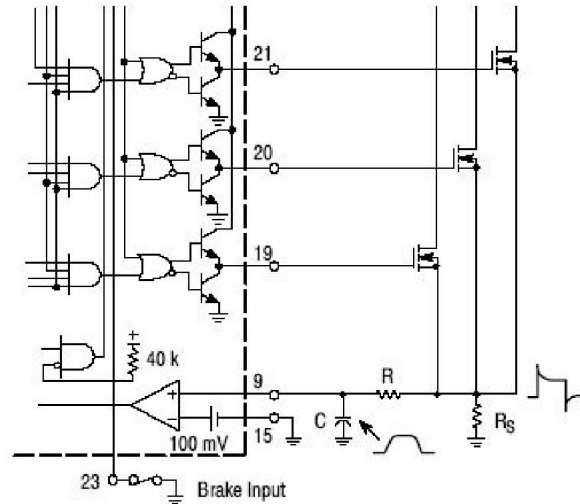


图 26. 电流尖峰抑制波形

见图 26，RC 滤波器用于消除边沿尖峰，确保限制电流波形稳定。RS 要求用低电感电阻。

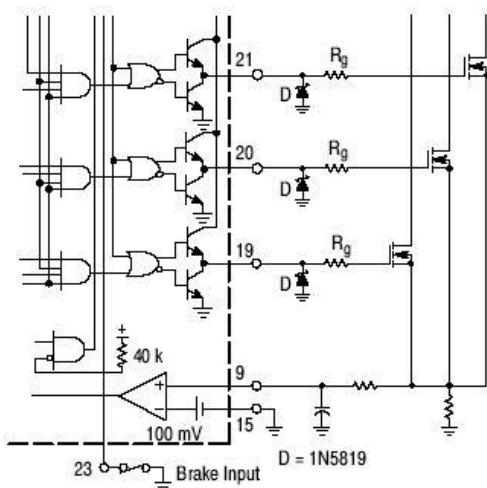


图 27. MOSFET 驱动

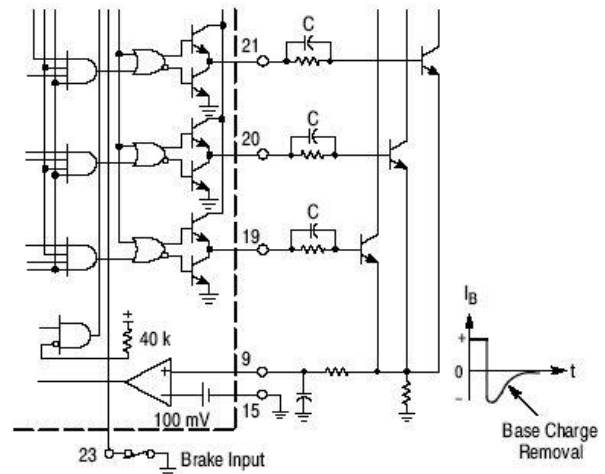


图 28. 双极晶体管驱动

见图 27，电阻 Rg 可以阻尼任何由于 MOSFET 输入电容和其他线路感应产生的高频振荡。当有负  
电流输入，底部（低速）驱动输出超过 50mA 时，需要连接二极管。

见图 28，用图腾柱输出极的附加电容 C，可提供基极负电流，用来提高晶体管的关断速度。



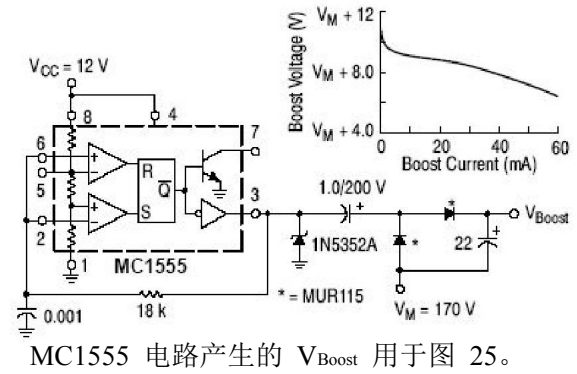
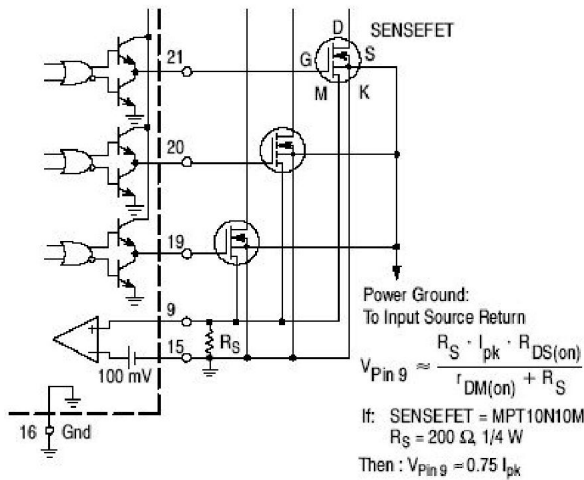


图 29. 功率 MOSFET 的电流检测图

30. 高压辅助电源

见图 29，控制电路的地（管脚 16）和电流检测反相输入的地（管脚 15）必须用不同的路径返回到电源地。实际上，通过执行 SENSEFET 电源开关可以实现无损耗的感应电流。

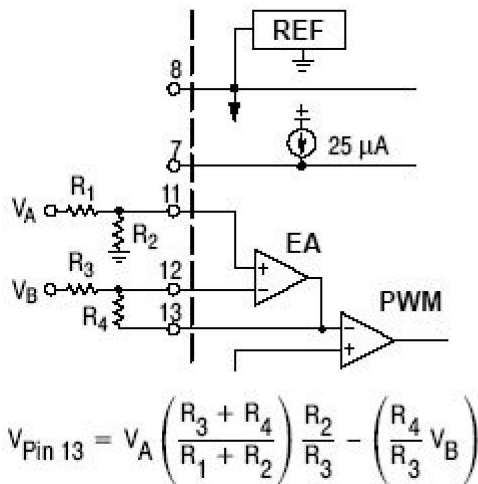


图 31. 差分输入速度控制器

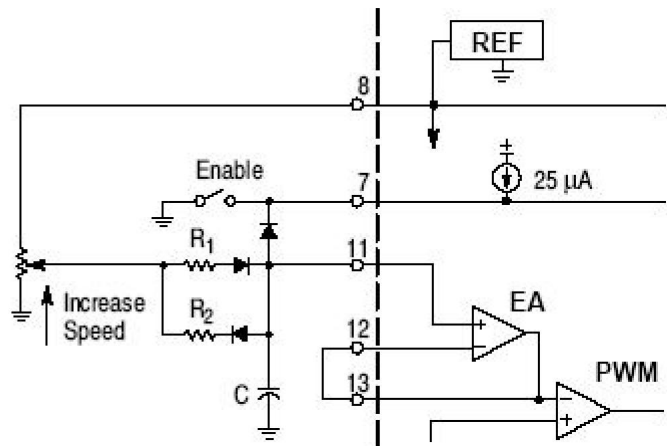


图 32. 加速/减速控制

见图 32，用电阻 R1 和电容 C 设定加速时间常数，而 R2 控制减速时间常数。为了减少不同速率设置时的时间常数变化，R1 和 R2 的值必须大于速率设置分压计的 10 倍。



DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

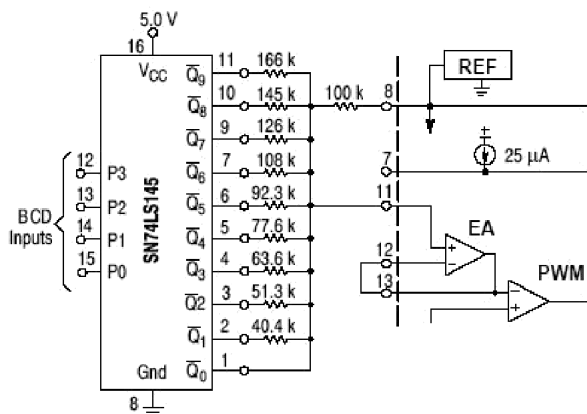


图 33. 数字式速度控制

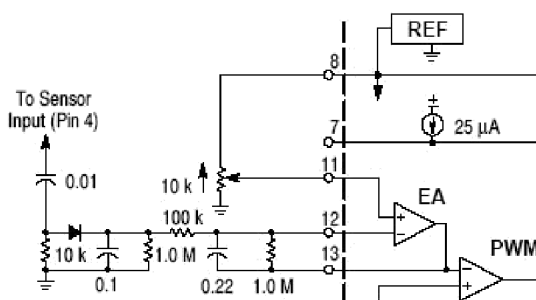


图 34. 闭环速度控制

见图 33, BCD 解码器 SN74LS145 有十个集电极开路输出端口。输入代码在 0000 至 1001 区间内, 脉宽调制 PWM 的导通时间变化范围为 0%~90%, 导通时间的增加大约为 10%步距, 输入代码在 1010 至 1111 区间内, 将产生 100%的导通时间或电机全速运行。

见图 34, 转子位置传感器可以用来作为一个转速表。随着时间的推移, 通过区分正极信号边沿, 然后求积分, 将可以产生正比于速度的电压。误差放大器参照这个速度电压, 设定脉宽调制 PWM 的控制输出。

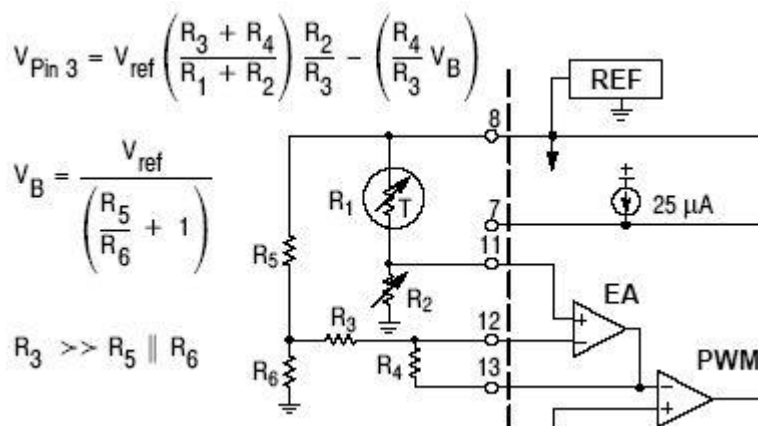


图 35. 闭环温度控制

见图 35, 当传感器与温度设定有差异时, 该电路可以按占空比控制冷却风扇转速。强制空气冷却 NTC 热敏电阻后, 控制回路关闭。在加热控制应用时, 交换 R1 和 R2 的位置。

## 系统应用

### 开环三相电机应用

图 36 所示的是一个全功能的全波、六步、开环三相电机控制驱动器。顶部是达林顿晶体管, 而底部是功率 MOSFET 晶体管。这些晶体管中的每一个都包含有内部的寄生钳位二极管, 用于定子的寄生电感能量返回到电源。输出能够驱动三角形或星形连接的定子, 如果使用分离电源, 也能驱动中线接地的星型连接。在任意给定的转子位置, 仅有一个顶部和底部功率开关(属于不同的图腾柱)有效。这种配置使定子绕组的两端从电源切换到地, 可使电流为双向或全波的。

丹东华奥电子有限公司

<http://www.huaoe.com>



前沿尖峰通常在电流波形中出现，并会导致限流错误。通过在电流检测输入端口增加一个 RC 滤波器实现尖峰抑制。使用低电感型电阻器  $R_s$  也有助于尖峰抑制。必须认真选择底部（慢速）功率开关晶体管，使得在制动时的电流不超过该晶体管的额定值。在制动时，只有与底部（慢速）开关和线圈绕组串联的电阻可限制产生的峰值电流。如电机是在无负载下最大速度旋转，产生的 EMF（电动势）甚至能达到供电电压值，如果制动，峰值电流可以是电机停止时电流的二倍。图 37 显示了两个周期电变换波形。第一周期（ $0^\circ$  至  $360^\circ$ ）显示电机在全速运行，而第二周期（ $360^\circ$  至  $720^\circ$ ）显示约 50% 脉宽调制的电机慢速运行。电流波形清晰地显示了恒转矩负载和换向频率的同步关系。

$$I_{peak} = \frac{V_M + EMF}{R_{switch} + R_{winding}}$$

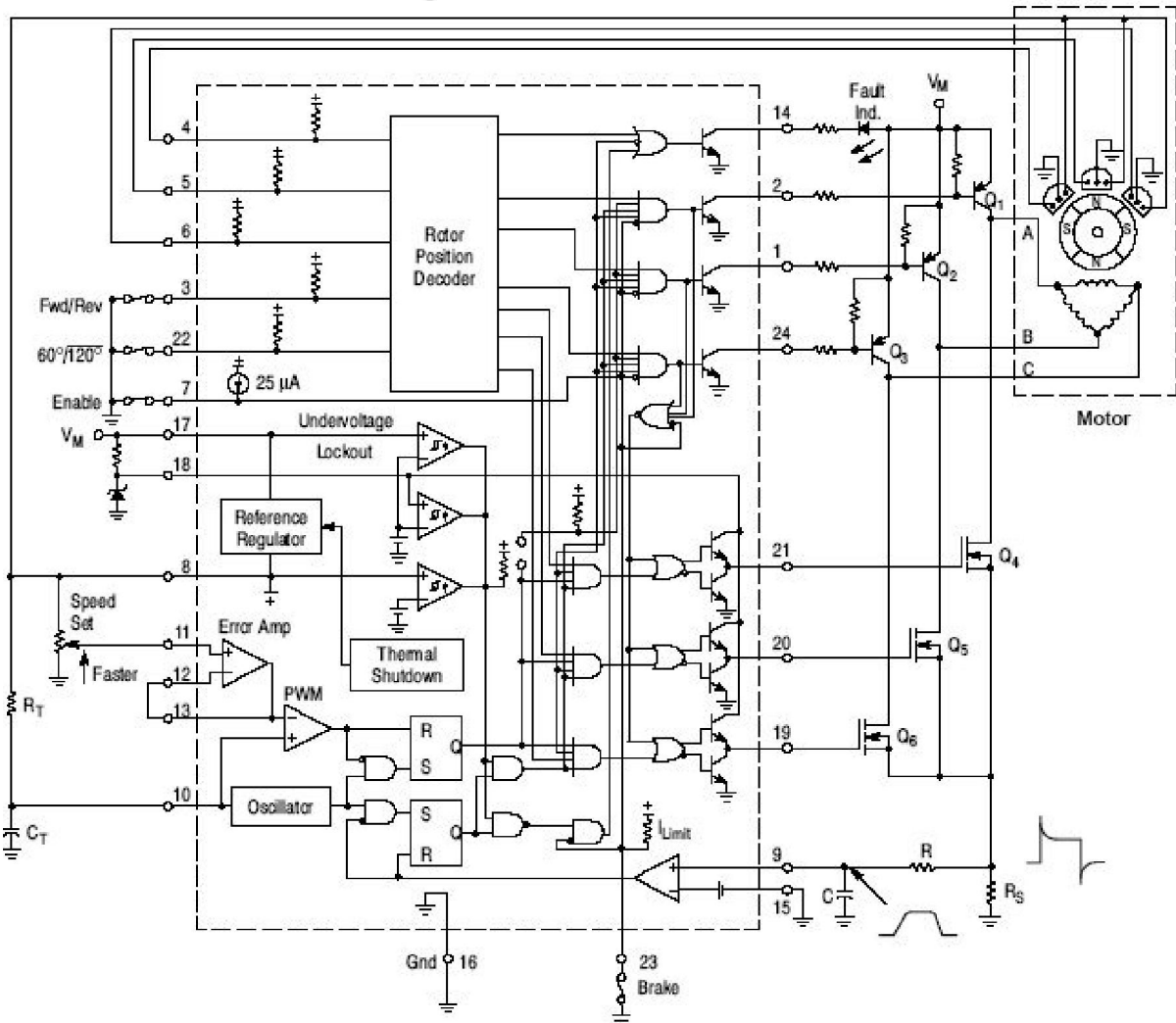


图 36. 三相、六步、全波电机控制器

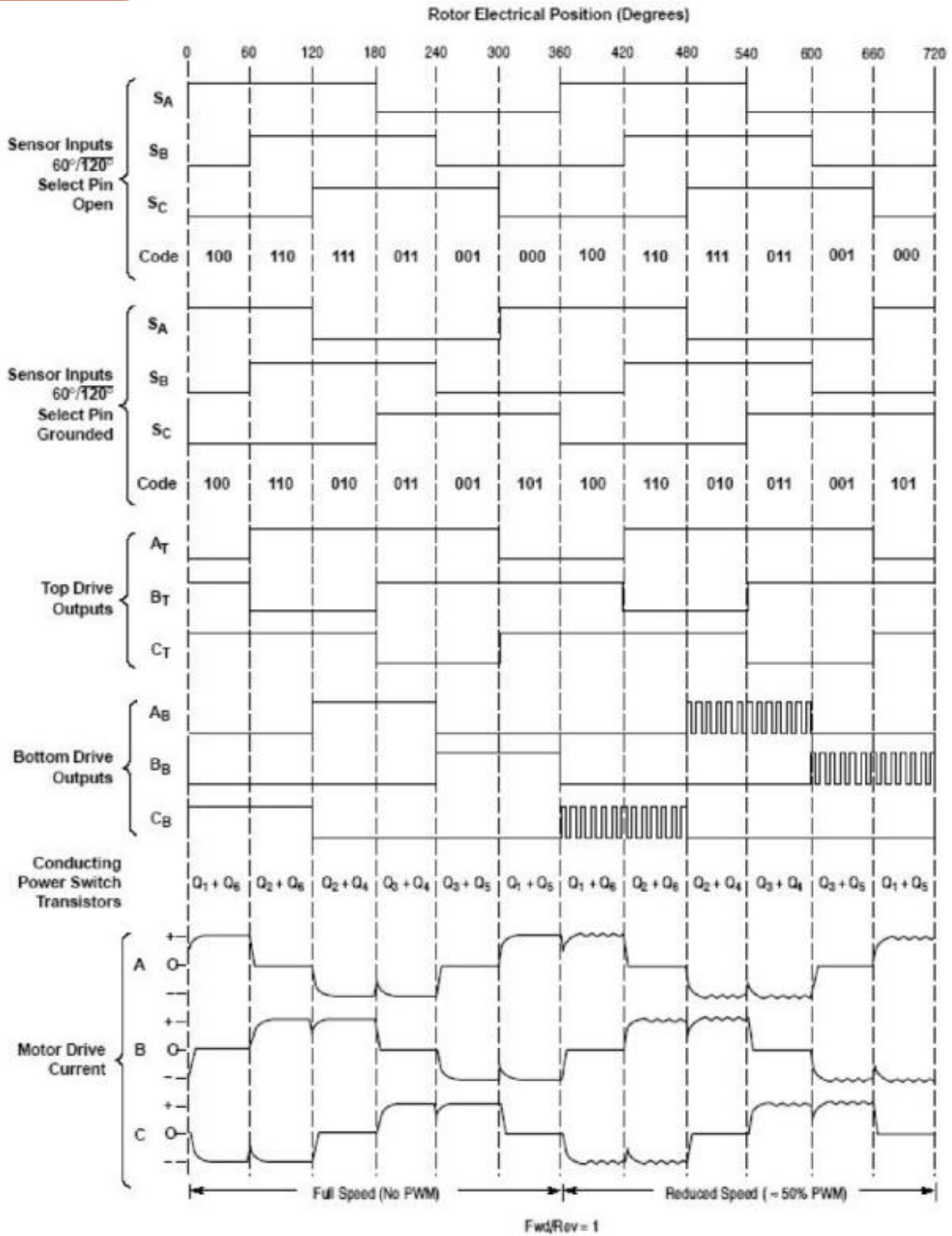


图 37. 三相、六步、全波换向波形  
转子电气位置 (度)



DHA<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

图 38 显示三相、三步、半波电机控制器。因为每个定子绕组分别串联一个导通电流的电源开关，这种配置非常适合于汽车和其它低电压应用。因为每个绕组只有一端可开关，电流是单向或半波流动。因为定子电流仅由线圈电阻限制，连续制动的电机在典型半波装置中就会出现过热问题。这是由于缺少顶部（高速）功率开关晶体管，通常在全波电路中要将线圈绕组与电源电压  $V_M$  断开。一个独特的解决方案是提供制动，直到电机停转，然后关闭底部（低速）驱动器。这可以通过把故障输出端口与输出始能端口进行某种连接，作为过电流定时器来实现。通过选择元件 RDLY 和 CDLY，在输出始能锁存和上部驱动与门转低之前，给电机保留足够的停止时间。当电机运行时，制动开关关闭，通过 PNP 晶体管（连接电阻器 R1 和 RDLY）为 CDLY 放电，复位并重置闭锁。用一个齐纳二极管和三个二极管钳位定子反向电压。

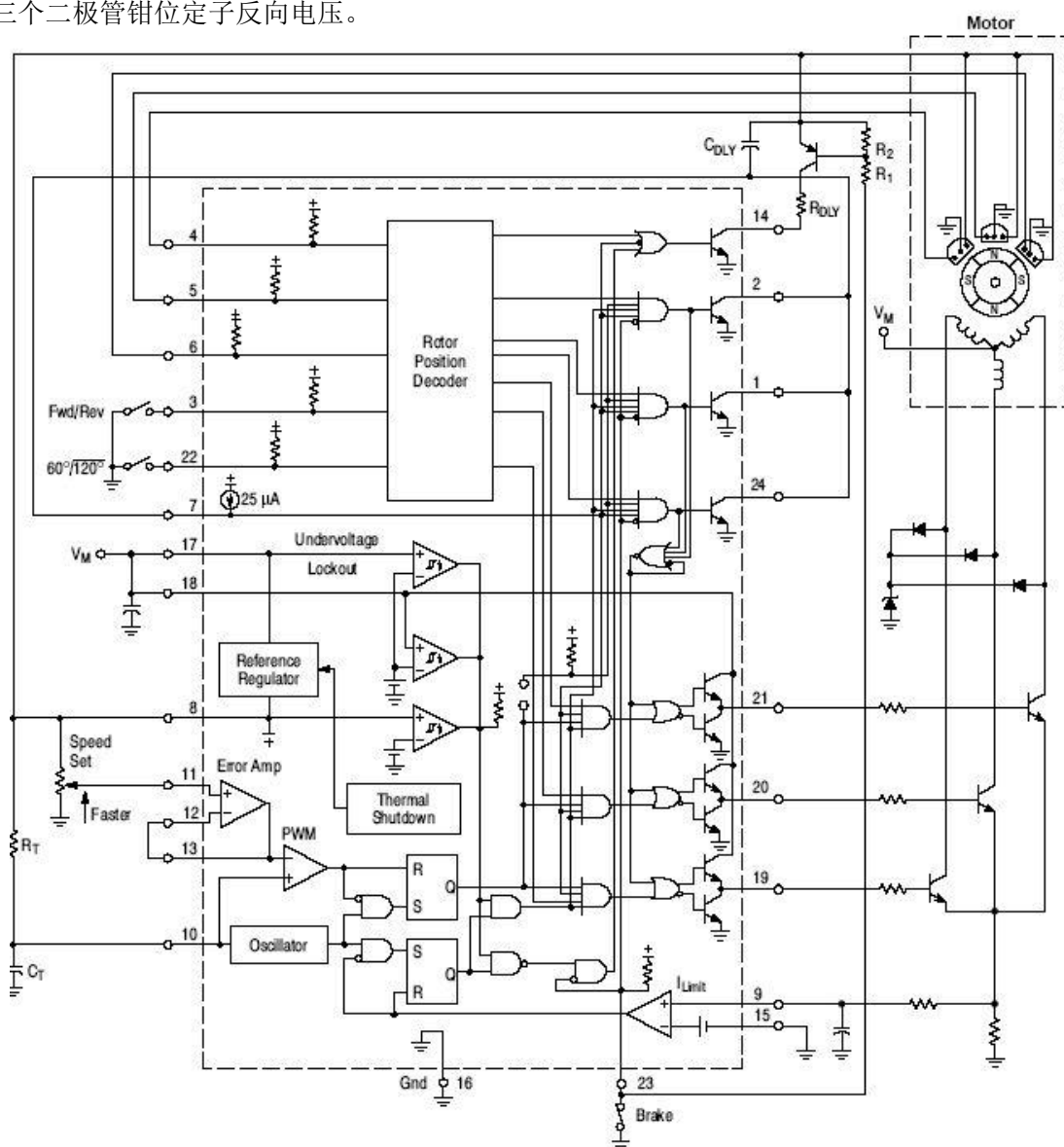


图 38. 三相、三步、半波电机控制器



DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

### 三相闭环电机应用

LD33035 自身只有开环电机速度控制能力。在闭环电动机速度控制时，需要一个正比于电机转速的输入电压。通常是用转速表来生成电机速度反馈电压。见图 39，用 LD33035 管脚 8 的 6.25V 为 MC33039 提供基准电压，用于生成所需的反馈电压，而不用昂贵的转速表。LD33035 用于转子位置解码的霍尔传感器信号同步提供给 LD33039。对于每个霍尔传感器信号的正或负向跳变，LD33039 都会生成可预设幅度和脉宽的输出脉冲，由外部电阻 R1 和电容 C1 设定。LD33039 管脚 5 的输出脉冲序列通过 LD33035 的误差信号放大器积分，产生一个和电机速度成正比的直流电压。这个建立在 LD33035 管脚 13 正比于速度的 PWM 参考电压，用于电机控制器和关闭反馈回路。LD33035 输出驱动一个 T MOS 功率 MOSFET 三相电桥。在启动、制动和当电机改变转向时，可能产生大电流。在图 39 中所示的系统设计用于 120°/240° 电相位霍尔传感器的电机。通过拔出 LD33035 的 22 管脚跳线(J2)，该系统可以很容易地用于 60°/300° 电相位霍尔传感器的电机。

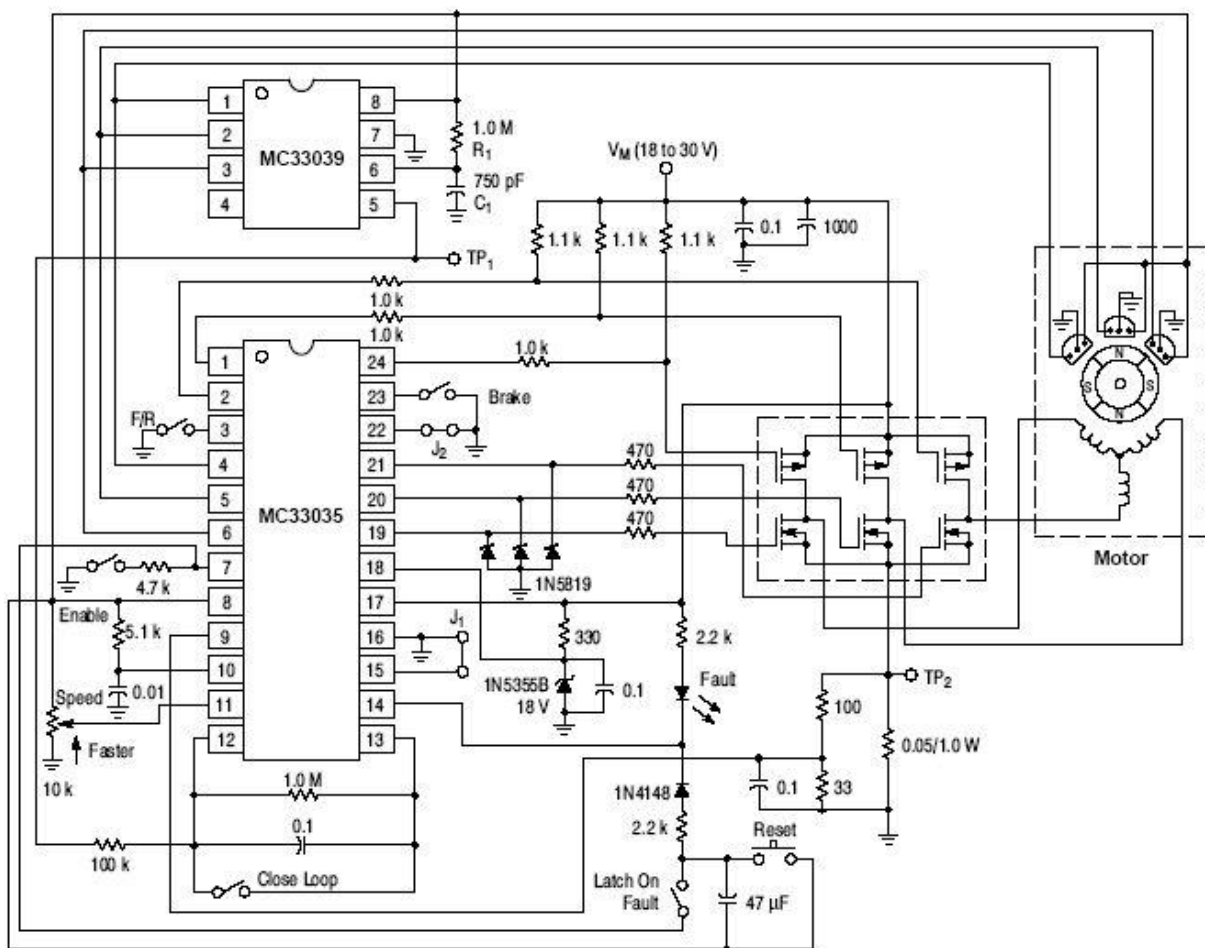


图 39. 使用 MC33039 的闭环无刷直流电机控制



## 传感器相位比较

在三相电机中, 有四种建立传感器信号的相对相位的常规方法。对六步驱动来说, 每 60 度电气相位输入信号改变一次, 而相关信号相位往往依赖于机械的传感器位置。图 40 中示出各种电气相位约定的比较。请注意图 41 的传感器相位表, 60° 相位顺序的输入代码与 300° 相反。这意味着, 当选择 60° 传感器电气相位时, LD33035 使电机按 60° 或 300° 传感器电气相位运行, 但旋转的方向相反。同样, 设置为 120° 传感器电相位时, 控制电机用于 120° 或 240° 传感器电相位调相, 可以造成电机的反向旋转。本数据表中, 由于转子机械位置是转子磁极的函数, 转子位置总是以电气角度形式给出。两者关系是: 电角度=机械角度 (转子极数/2)

给定机械转速, 磁极数目的增加会导致更大的电气转数。通用三相电机典型具有一个四级转子, 可以得出电气转数是机械转速的 2 倍。

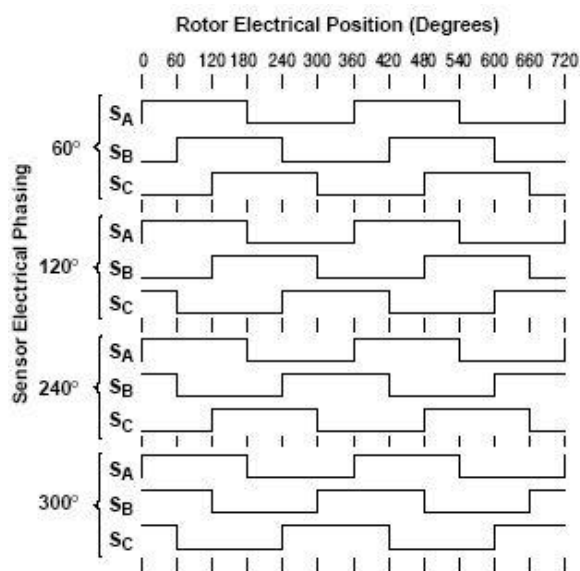


图 40. 传感器相位比较

## 二相和四相电机换向

LD33035 也能够用于四步输出的两或四相电机驱动。图 42 的真值表显示通过将传感器输入 SB 和 SC 联在一起, 就可以把驱动输出状态从 6 种减少到 4 种。用于减少驱动输出的数量状态。输出功率开关连接到 BT、CT、BB 和 CB。图 43 显示是一个四相、四步、全波电机控制应用。开关晶体管 Q1 至 Q8 是内部有钳位二极管的功率达林顿管。对四步驱动, 此电路配置两个电气相位相隔 90° 的转子位置传感器。图 44 是换相波形图。

图 45 是一个四相、四步、半波电机控制器。除了没有速度控制和制动, 其它功能与图 38 中的电路相同。



Sensor Electrical Phasing (Degrees)											
60°			120°			240°			300°		
S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>
1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1

图 41. 传感器相位表

MC33035 (60°/120° Select Pin Open)							
Inputs			Outputs				
Sensor Electrical Spacing* = 90°	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	F/R	Top Drives	Bottom Drives		
				B <sub>T</sub>	C <sub>T</sub>	B <sub>B</sub>	C <sub>B</sub>
1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0

\*With MC33035 sensor input S<sub>B</sub> connected to S<sub>C</sub>.

42. 二和四相、四步转换真值表

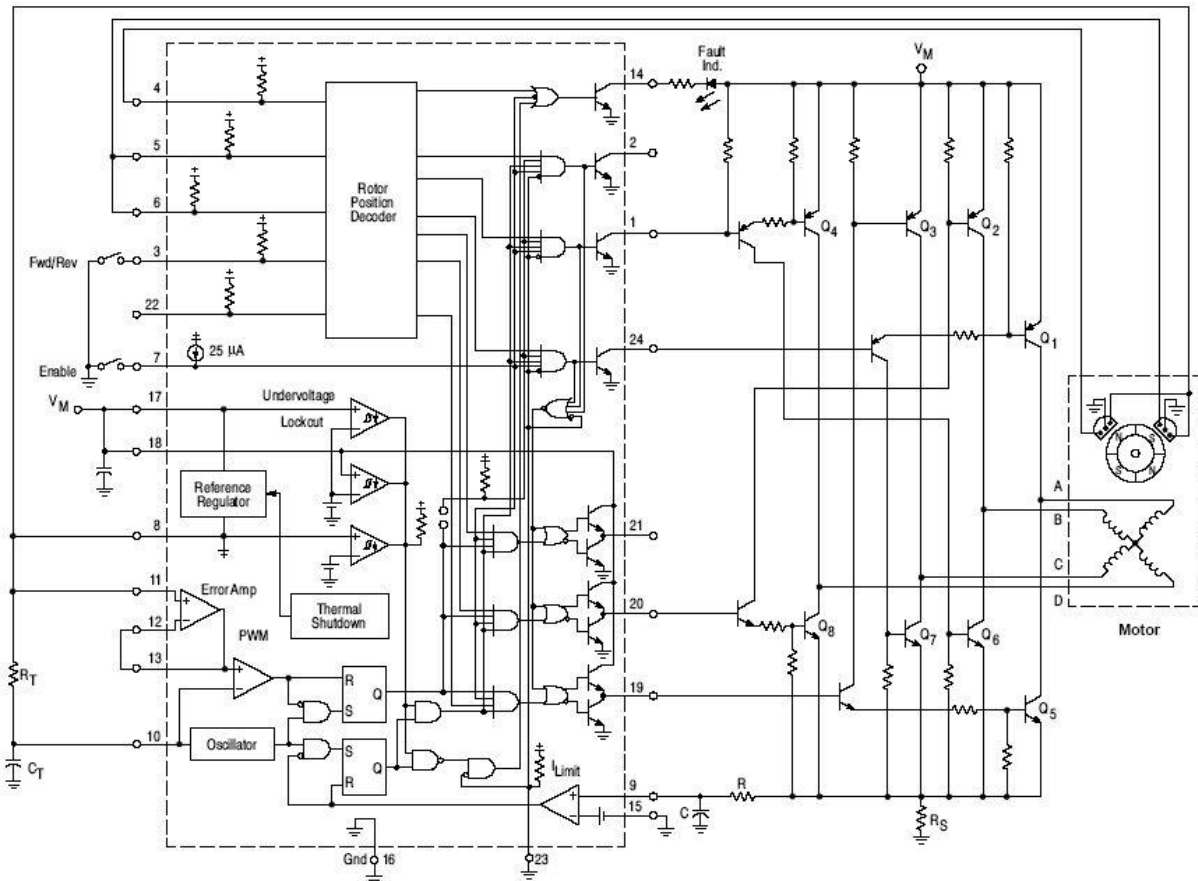


图 43. 四相、四步、全波电机控制



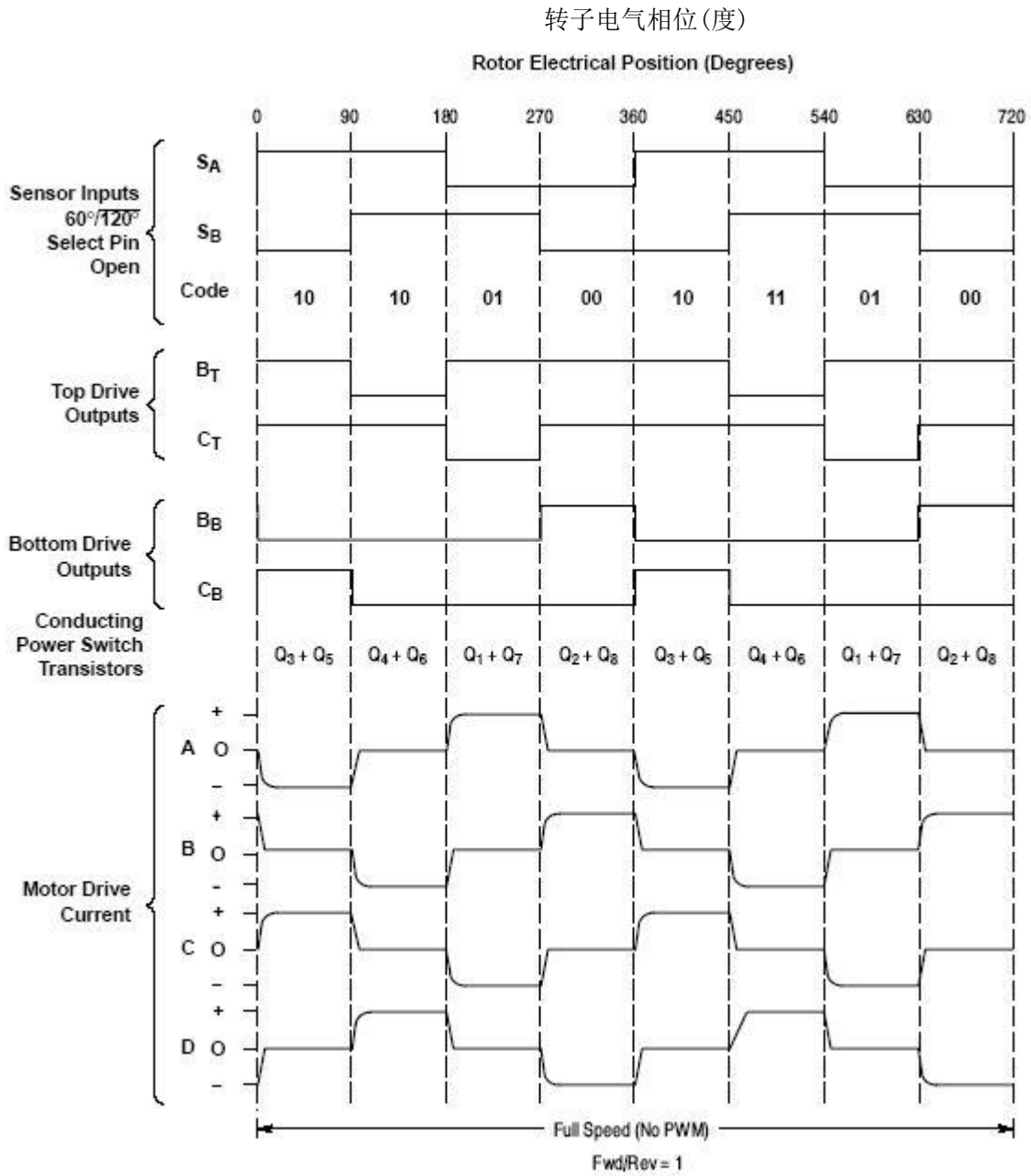


图 44. 四相、四步、全波电机控制波形图



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

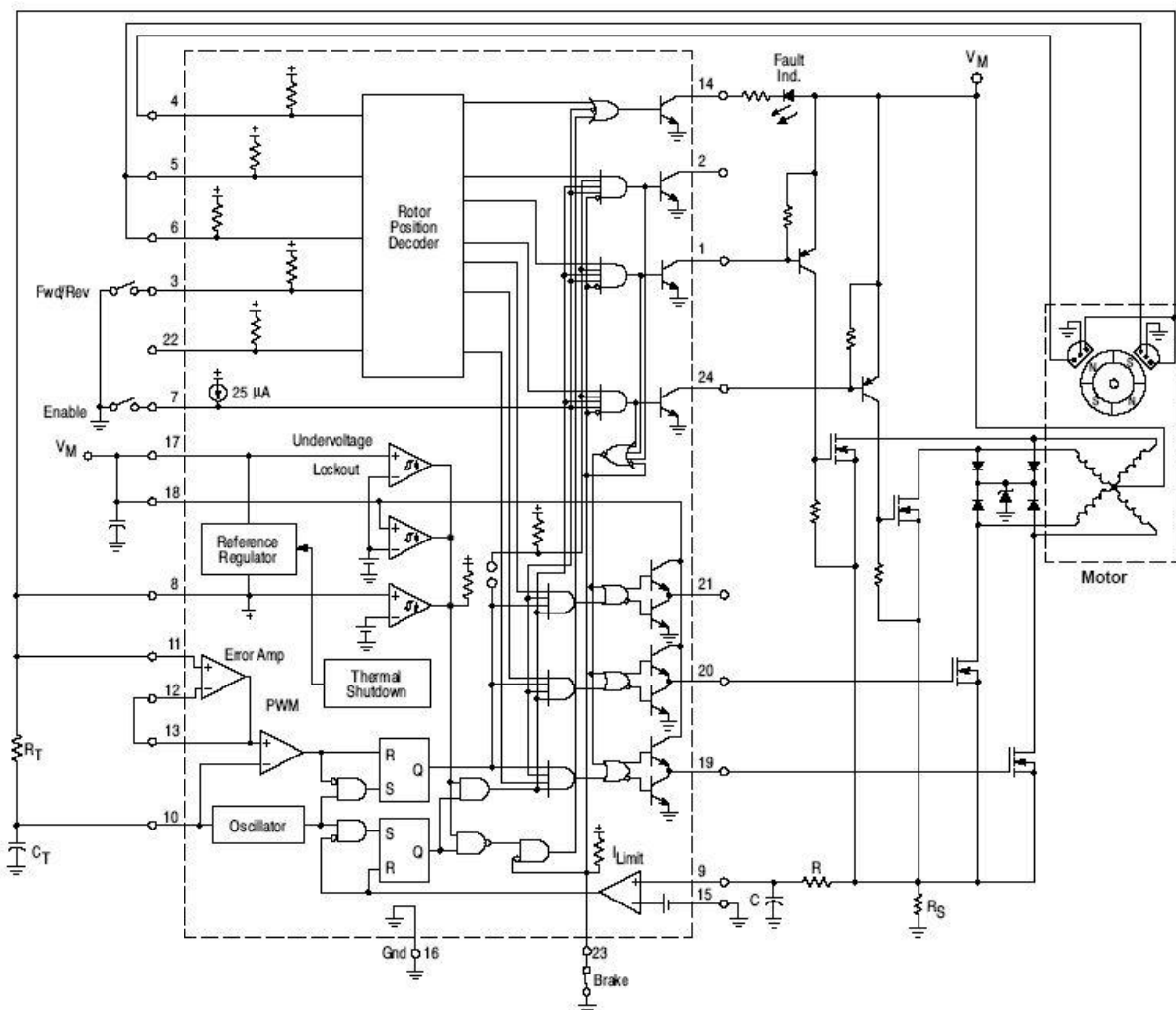


图 45. 四相、四步、半波电机控制



DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

## 有刷电机应用

虽然 LD33035 设计用于控制无刷直流电动机，但也可用于控制有刷直流电机。图 46 显示的是用最少数元件组成的 H 桥 MOSFET 有刷电机驱动电路。操作的关键是输入传感器代码 [100]：当控制器的正向/反向管脚为逻辑 [1] 时，顶部左 (Q1) 和底部右 (Q3) 导通；正向/反向管脚为逻辑 [0] 时，顶部右 (Q4) 和底部左 (Q2) 导通。此代码是 H-桥实现方向和速度驱动控制的必要条件。

控制器正常工作在大约 25kHz 的脉宽调制频率。电机速度的控制器通过调节出现在误差放大器同相输入端电压实现，该放大器建立了 PWM 的限幅或基准电平。电流经由 H 桥-电机-RS-地，逐周期的电机电流限制，是通过检测相对于内部 100mV 的 RS 电阻电压来完成。在飞车和电机不能完全停止时，过流检测电路用正向/反向开关可以反转电机方向。

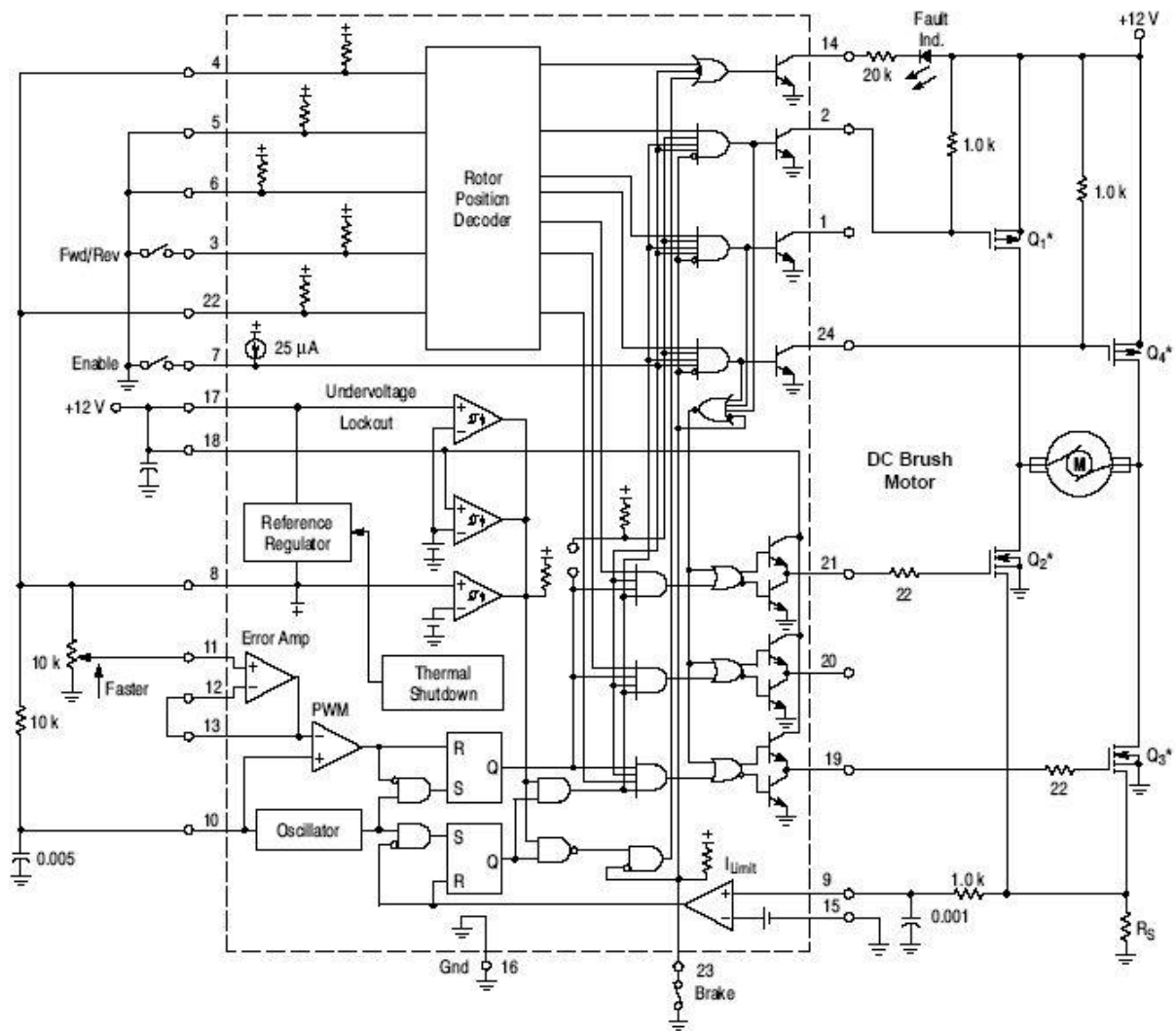


图 46. 典型的 H 桥有刷电机控制器



®

DHA®

QJ/DHA 01.37-2015

LD33035

## 线路板布局设计

不要试图在绕线和插头上建立无刷电机控制电路板。高频印刷电路布局要有防脉冲抖动设计。抖动通常是由电流检测和误差放大器输入端的尖峰产生的。印刷电路布局应该包含，低电流信号的接地平面，和另外返回到电源 VM 输入滤波电容的高驱动和输出缓冲的接地路径。根据电路设计要求，陶瓷旁路电容（0.1 $\mu$ F）要靠近连接集成电路的 VCC、VC、VREF 和误差放大器同相输入端。这为任何高频噪声提供低阻抗路径的滤波。所有大电流回路应尽可能设计为较短的纯铜线路来减少电磁干扰 EMI。



**DHA**<sup>®</sup>

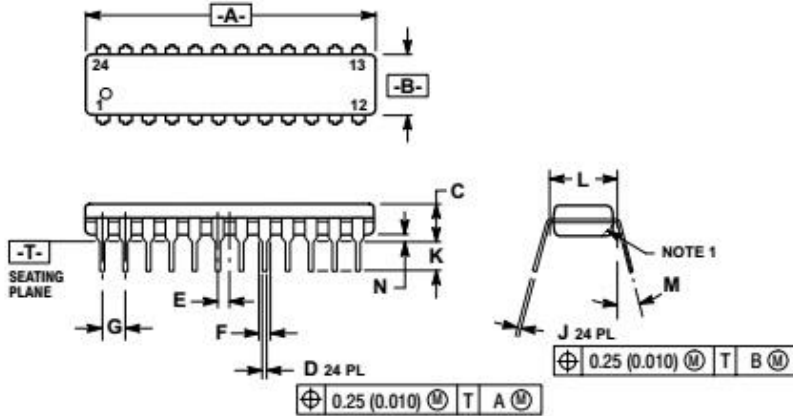
QJ/DHA 01.37-2015

**LD33035**

封装信息

**DIP24**

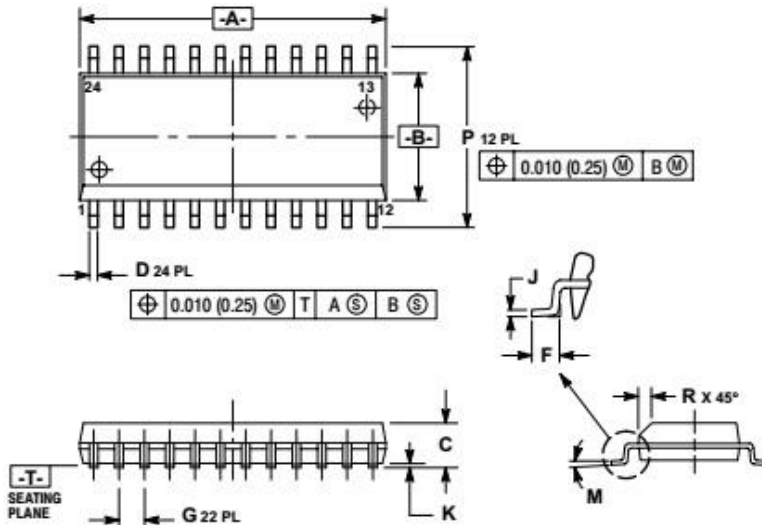
单位: mm



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.230	1.265	31.25	32.13
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.020	0.38	0.51
E	0.050 BSC		1.27 BSC	
F	0.040		1.02	
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.007	0.012	0.18	0.30
K	0.110	0.140	2.80	3.55
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.020	0.040	0.51	1.01

**SOP24L(W)**

单位: mm



DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	15.25	15.54	0.601	0.612
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.41	0.90	0.016	0.035
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.23	0.32	0.009	0.013
K	0.13	0.29	0.005	0.011
M	0°	8°	0°	8°
P	10.05	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029