

MCF1124三通道直流电机驱动芯片

一、概述

MCF1124 是一款三通道直流电机驱动芯片，集成了电荷泵、LDO 和三路 N 沟道 LDMOS 功率管等，能直接驱动电机元件。电荷泵通过片外电容产生自举电压，为高边 N 沟道 LDMOS 功率管提供驱动电压。LDO 模块将输入的高压电源信号转换为低压，作为输出提供稳定的 5V 低压电源。芯片采用 QFN20L 封装。

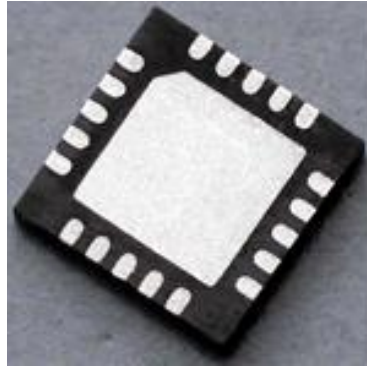


图 1.1 QFN20L

芯片采用外部输入的低压逻辑信号控制，单个通道的两个输入信号 HI 和 LI 分别控制高边功率管和低边功率管的 GATE 端。根据不同应用场景的需求，通过输入信号可以任意选择通道来驱动三相电机或步进电机等。同时，也可以进行功率管电流采样，对功率管电流进行检测。

二、特性

- 集成三组 N 沟道 LDMOS 功率管
- 单通道功率管 $R_{DS(on)}=1.96\ \Omega$
- 单通道功率管电流 $I_{load}=500\text{mA}$
- LDO 负载电流 300mA
- 3.3V/5V 可切换稳压输出
- 电荷泵自适应升压：VIN+5V
- 过温保护
- 欠压、过压保护
- 电流直通保护
- 驱动电路功率管电流检测
- 死区时间保护
- standby 模式电流不超过 10uA
- AEC-Q100 认证，适用于汽车电子
- RoHS

订购信息

型号	封装	包装信息
MCF1124	QFN20L	

三、引脚描述

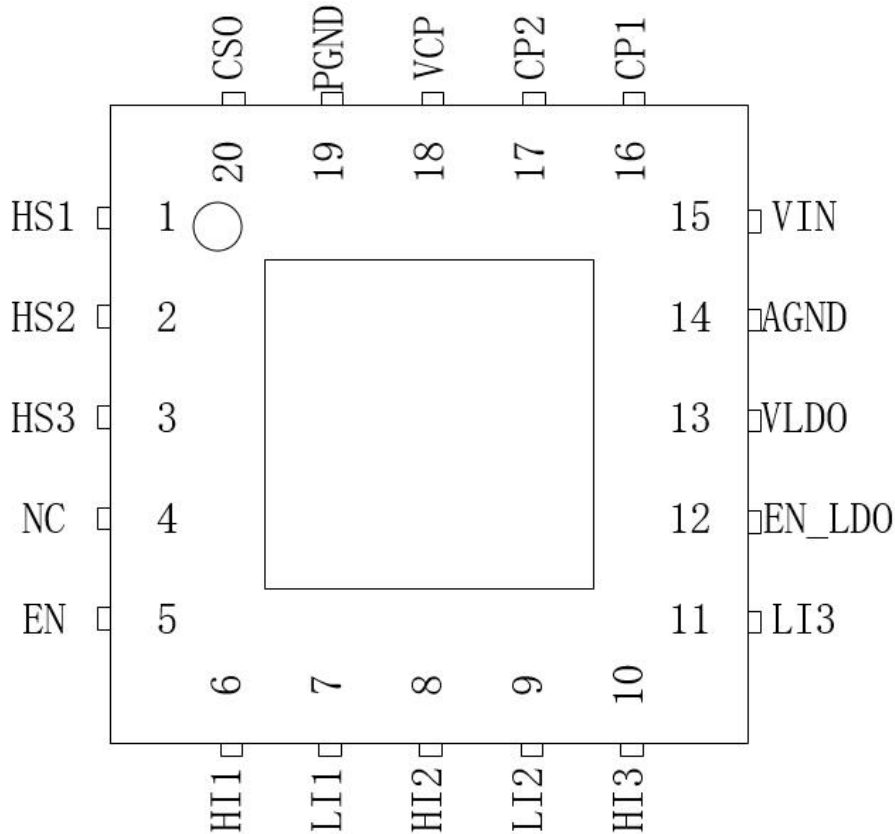


图 3.1 MCF1124 引脚图

MCF1124 芯片采用电荷泵进行升压，因此在 CP1、CP2 之间和 VCP、VIN 之间各需要一个片外电容，VLDO 需要外接片外电容。对功率管电流进行采样检测时，PGND 串联采样电阻到地平面。

1) HI1~HI3 和 LI1~LI3

HI 和 LI 引脚为芯片 1~3 个驱动通道的输入信号，为高电平有效。每个半桥驱动通道有两个输入信号，HI 为高边功率管的控制信号，LI 为低边功率管的控制信号。输入信号首先经过逻辑运算电路，识别逻辑状态。若输入逻辑为“11”将会导致驱动通道直通，

此时逻辑电路会将高边/低边功率管驱动信号都拉低，关闭驱动通道。若输入逻辑不为“11”，此时输入信号正常通过驱动链路控制功率管开关，驱动电机运转。

2) HS1~HS3

HS 引脚是驱动通道的输出信号引脚。同时 HS 信号和电荷泵的升压信号 VCP 组成一对电源和地信号，为高边功率管的驱动电路提供电压环境。当通道高边输入信号 HI 为高电平时，此时半桥驱动电路的高边功率管被打开，电源信号 VIN 通过高边功率管提供电流驱动电机。

3) VIN

VIN 是电源引脚，是芯片唯一的供电信号。VIN 为芯片内部的高压模块（START、LDO、VPP、电荷泵和功率管等）直接供电，经过 START 和 VPP 模块产生的低压电源则为芯片的低压电路供电。

4) EN

EN 是芯片的使能控制引脚，为高压信号。当 EN 信号为高或者悬空时，芯片正常工作；当 EN 信号为低时，START 模块输出的 5V 低压信号被关断，带隙基准、偏置电流等电路都无法工作，芯片进入 standby 模式。此时，只有 START 模块小部分电路保持工作，静态电流低至 10uA。

5) EN_LDO 和 VLDO

芯片内部集成的 LDO 模块可以根据需要提供 3.3V/5V 的稳定低压输出，VLDO 即为 LDO 模块的输出引脚，EN_LDO 就是 LDO 输出电压的控制信号。EN_LDO 为低压控制信号，设计有上拉电阻，当 EN_LDO 端口悬空或者接高电平时 VLDO 输出 5V；当 EN_LDO 接地时 VLDO 输出 3.3V。

6) VCP、CP1 和 CP2

电荷泵电路通过对片外电容的充放电，产生 $V_{VIN}+5V$ 的升压信号，为功率管的驱动电路提供电源。CP1 引脚和 CP2 引脚之间接有一个片外电容 C1，VCP 引脚和 VIN 引脚之间接有一个片外电容 C2。每个时钟周期内，前半周期对电容 C1 进行充电，后半周期将 C1 上的电荷叠加到 C2 上，使 VCP 电压在 VIN 的基础上逐渐升高，最终稳定在 $V_{VIN}+5V$ 左右。

7) PGND

PGND 引脚连接的是半桥驱动功率管的地，PGND 引脚是通道 1、2、3 功率管的地线。PGND 引脚可以直接接到地平面，也可以通过一个小阻值的采样电阻连接到地。当接有采

样电阻时，采样电阻将流经PGND引脚的电流进行采样并转换成电压信号，通过对电压信号的检测可以对功率管的电流进行检测。

8) CSO

CSO引脚是PGND引脚电流采样信号通过比较之后的输出信号。当PGND引脚直接接到地平面时， V_{PGND} 电压一直为0，比较器输出不变；当PGND引脚接有采样电阻时，电流流过采样电阻会产生压降，此时PGND引脚上的电压 V_{PGND} 与芯片内部设置好的参考电压 V_{ref} 进行比较。当功率管电流过大时 V_{PGND} 超过 V_{ref} ，此时比较器发生翻转，CSO输出状态发生变化。此时，应用电路可以根据CSO状态翻转做出相应措施，如关闭功率驱动电路功率管等，避免电流过大损坏芯片和电机设备。同时，PGND引脚在连接时采样电阻时，采用阻值的电阻不同，CSO发生翻转时流过PGND引脚的电流值不同，可以根据需要选取合适阻值的采样电阻。

9) AGND和DGND

为了防止数字电路信号对模拟电路产生影响，设计时将模拟电路和数字电路的地线进行了区分。其中，DGND是芯片中全部数字电路地线，AGND是除了功率管以外的模拟电路地线。

表3.1 管脚定义与功能

引脚序号	引脚名称	功 能
1	HS1	通道 1 输出信号
2	HS2	通道 2 输出信号
3	HS3	通道 3 输出信号
4	NC	
5	EN	芯片使能管脚。芯片上电后，接高或者悬空时芯片开启，接低时进入 standby 模式
6	HI1	通道 1 高边输入控制信号
7	LI1	通道 1 低边输入控制信号
8	HI2	通道 2 高边输入控制信号
9	LI2	通道 2 低边输入控制信号
10	HI3	通道 3 高边输入控制信号
11	LI3	通道 3 低边输入控制信号
12	EN_LDO	VLDO 输出控制管脚，悬空或接高电平时 VLDO 输出 5V，接地时 VLDO 输出 3.3V
13	VLDO	3.3V/5V 稳压输出管脚
14	AGND	芯片模拟电路地管脚，接到地平面
15	VIN	高压电源输入管脚
16	CP1	电荷泵外接电容正极
17	CP2	电荷泵外接电容负极
18	VCP	电荷泵升压信号，与 VIN 管脚之间接一个片外电容
19	PGND	1~3 通道功率管地管脚，采样时通过采样电阻接到地平面，无采样时直接接到地平面
20	CSO	PGND 电流采样比较输出管脚

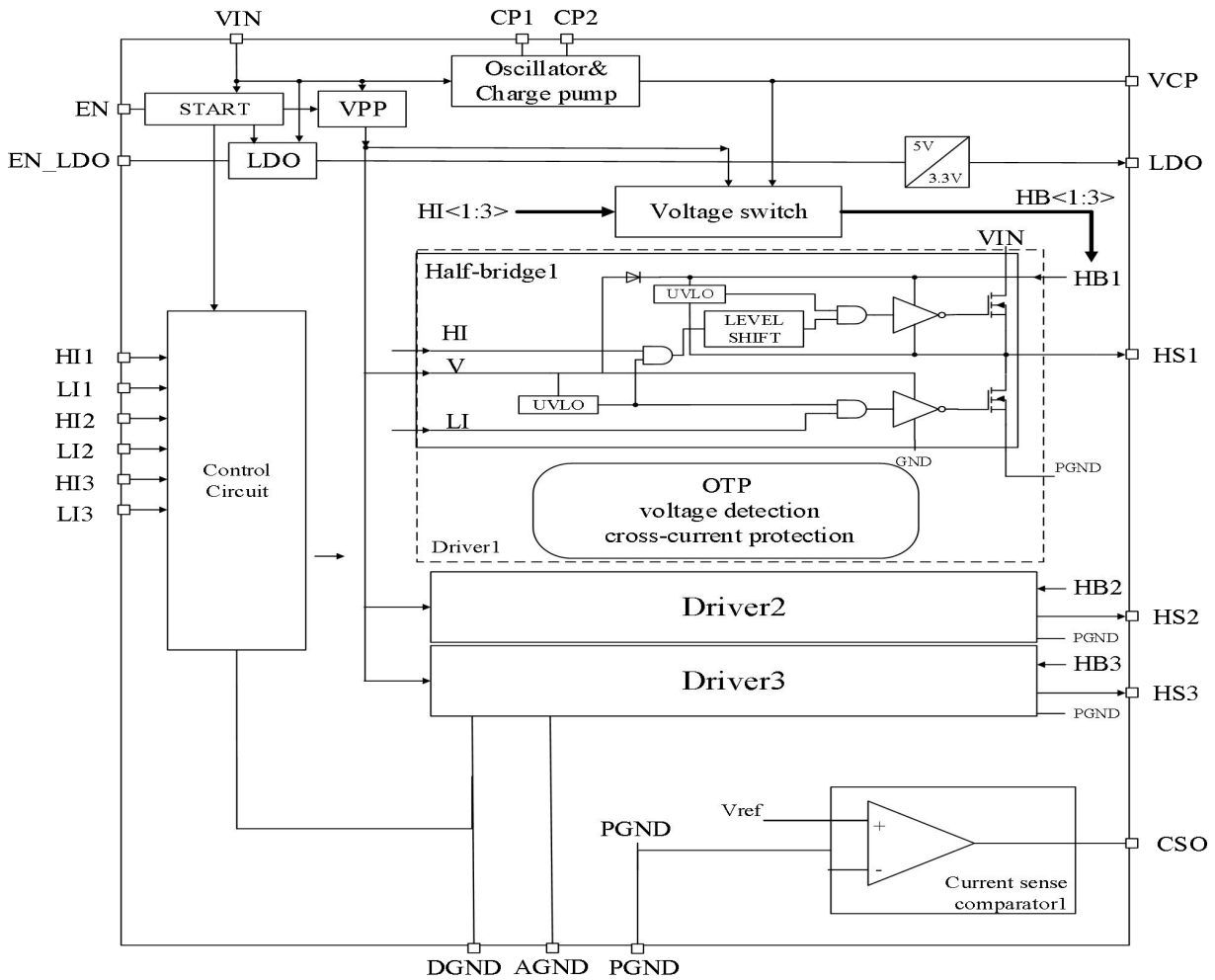


图3.2 芯片原理框图

四、功能描述

4.1 桥驱动电路

桥驱动电路是常用的典型驱动电路，本芯片驱动电路由三个半桥驱动通道组成。在使用时可以根据需要选择所使用的驱动通道，当使用两路通道时组成全桥驱动电路，当使用三路通道可以组成三相驱动电路等。

全桥驱动电路结构如下图所示：

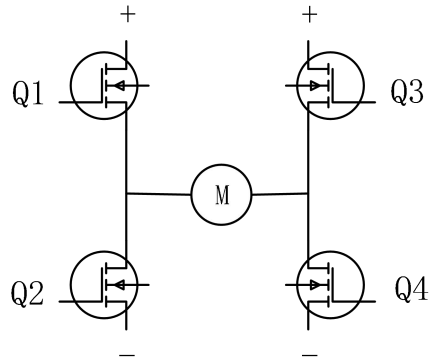


图 4.1 全桥驱动电路

如图所示，全桥驱动电路又称 H 桥驱动电路，是因为它的形状类似于字母 H。H 桥式电机驱动包括 4 个功率管和一个电机。要使电机运转，必须导通对角线上的一对功率管。根据不同功率管的导通情况，电流可能从左至右或从右至左流过电机，从而控制电机的转向。

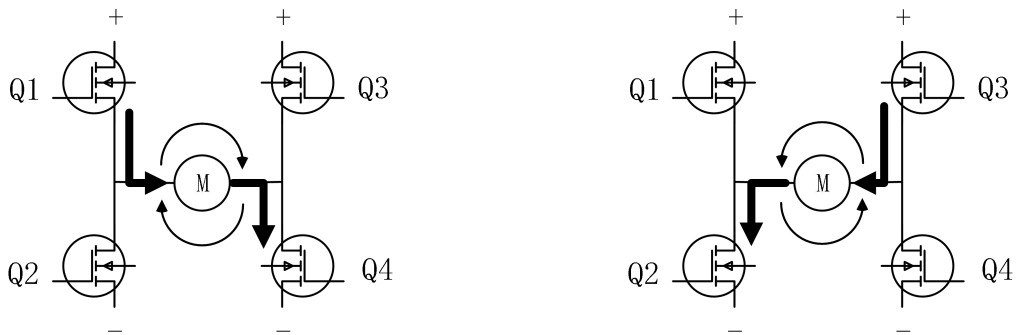


图 4.2 H 桥驱动电机正、反转示意图

选用三组半桥驱动电路时，可以组成三相电机的驱动电路，结构示意图如下图 4.3 所示。正常工作状态下，在 A、B、C 三个通路中都只有高边功率管导通或者底边功率管导通，不允许出现单个通路高、低边功率管同时导通的情况。例如，当 A 通道的高边功率管导通时，A 通道的低边功率管不能导通，只能是 B 或者 C 通道的低边功率管导通。三相电机的驱动信号一般由霍尔元件提供，驱动电路的输入分为六组状态，每组相角为 60° ，构成一个完整的周期。

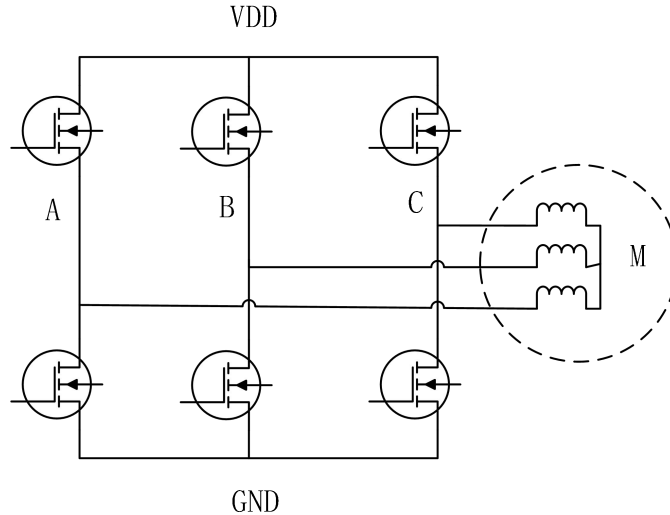


图 4.3 三相电机驱动结构示意图

4.2 死区时间

半桥驱动电路的高、低边功率管同时导通时，会使电源直接通过驱动通道接地，产生较大电源损坏芯片，因此高、低边功率管是不允许同时导通的。但是控制信号在工作时会受到芯片自身和外界环境影响产生延迟，可能出现高、低边功率管同时导通的情况。为了防止出现这种情况，必须在对功率管的控制信号设置死区时间。

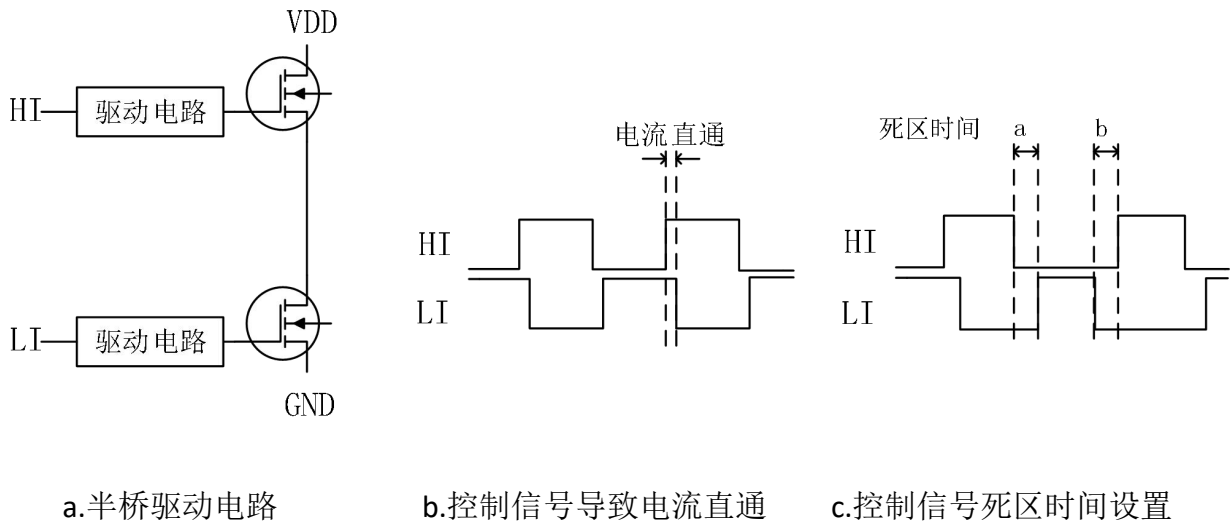


图 4.4 半桥驱动控制信号分析

如图 4.4 所示，半桥驱动电路由两个 N 沟道的 LDMOS 器件组成，控制信号分别为 HI 和 LI。当控制信号在工作中受到干扰出现图 4.4b 中类似的情况时，信号翻转时间不一致，导致在某一时刻出现 HI 和 LI 信号都为高电平，此时，高低边功率管同时打开，电源 VDD 通过该通路直接接到 GND，产生较大电流使芯片毁坏。死区时间的设置可以有效避免这

种问题，如图 4.4 c 所示。在控制信号发生翻转时，首先已经导通的高边功率管控制信号 HI 先关闭，经过一段时间 a 后，低边功率管控制信号 LI 再开启。经过半个周期后 LI 先关闭，经过时间 b 后 HI 再开启。死区时间 a 和 b 的存在，可以有效的保护芯片。

从图 4.4 a 中可知，每个半桥驱动电路有两个功率管，每个功率管都有专门的驱动电路。因此，本芯片的死区时间设置分为两种情况：

第一种为功率管自身驱动电路的死区时间设置。功率管的驱动电路一般采用尺寸较大的反相器结构，死区时间设置通过 SR 触发器优化形成，如图 4.5 所示。在 SR 触发器电路结构中加入电容 C1 和 C2，当信号通过电容 C1、C2 时上升沿会产生一定时间的延迟，通过调整 C1、C2 的电容量，使 PMOS 管驱动信号 P_GATE 和 NMOS 管驱动信号 N_GATE 产生合理的死区时间。

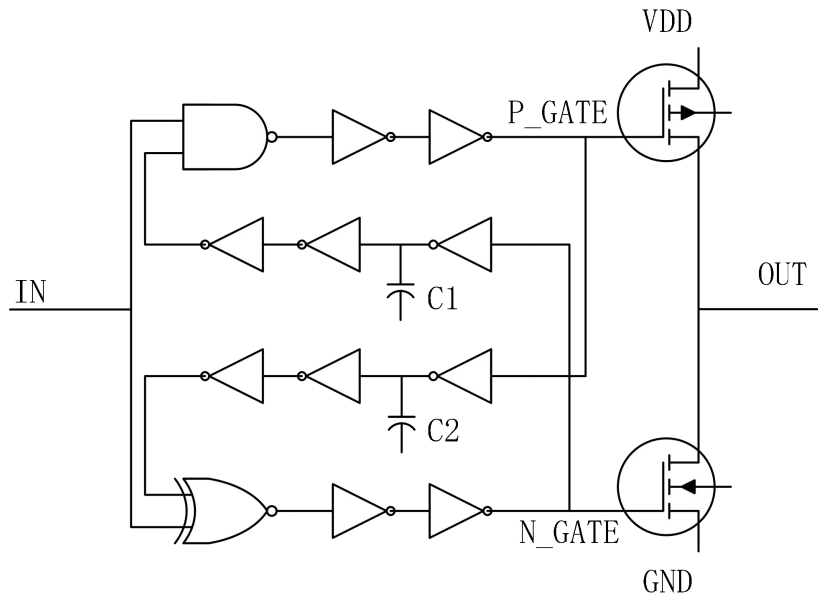


图 4.5 驱动电路死区时间设置

第二种为半桥驱动电路高、低边功率管驱动信号死区时间设置。高边功率管驱动信号 HS 和低边功率管驱动信号 LS 经过的驱动路径差异较大，因此两个信号之间的同步性无法保证，差异性也很难估计。因此，本芯片将高、低边功率管的 GATE 端信号通过逻辑电路反馈至另一功率管控制信号的输入端进行处理，以此保证半桥驱动电路不会出现直通的情况。电路结构示意图如图 4.6 所示。

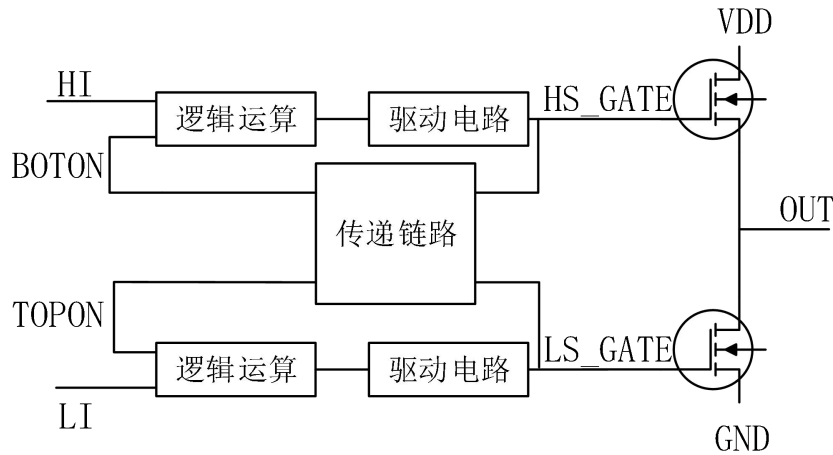


图 4.6 高低边驱动支路死区时间设置

从图中可知，高、低边功率管的 GATE 端信号通过反相器之后，分别与另外一支路的输入信号进行逻辑与运算。以低边功率管为例，当低边功率管开启时 GATE 端信号 LS_GATE 为高，BOTON 为低。HI 与 BOTON 进行运算时，HI 被拉低锁死，高边功率管关闭。当 LI 信号变低后，LS_GATE 变低，低边功率管关闭，BOTON 信号变高。此时 HI 信号被释放，才可以控制高边功率管开关，能有效避免了高、低边功率管直通情况的出现。

4.3 电流检测电路

功率管电流检测能随时检测驱动电路工作状态，保护芯片和电机设备。电流检测电路通过对 PGND 引脚上流过的电流进行采样，与设定的参考电压进行比较，检测功率管电流是否超过限制。三路半桥驱动电路中，三路共用一个 PGND 引脚，PGND 是 1、2、3 通路功率管的共用地，电路结构示意图如图 4.7 所示。在进行电流采样检测时，PGND 引脚串联一个采样电阻 RES 到地。芯片正常工作时，功率管电流从 PGND 引脚经过 RES 流到地平面，在电阻 RES 上产生压降电压为 V_{PGND} 。采样电压 V_{PGND} 与设置的参考电压 V_{ref} 进行比较，当电流超过限定值时 V_{PGND} 大于 V_{ref} ，比较器输出信号 CSO 翻转。在使用芯片时，可以根据 CSO 的状态变化，对电机控制信号进行处理，限制功率管电流，保护电机设备。另外，因为采样电阻是片外器件，而内部设置的 V_{ref} 电压值固定，在使用时可以选取不同阻值的采样电阻来检测不同大小的电流。

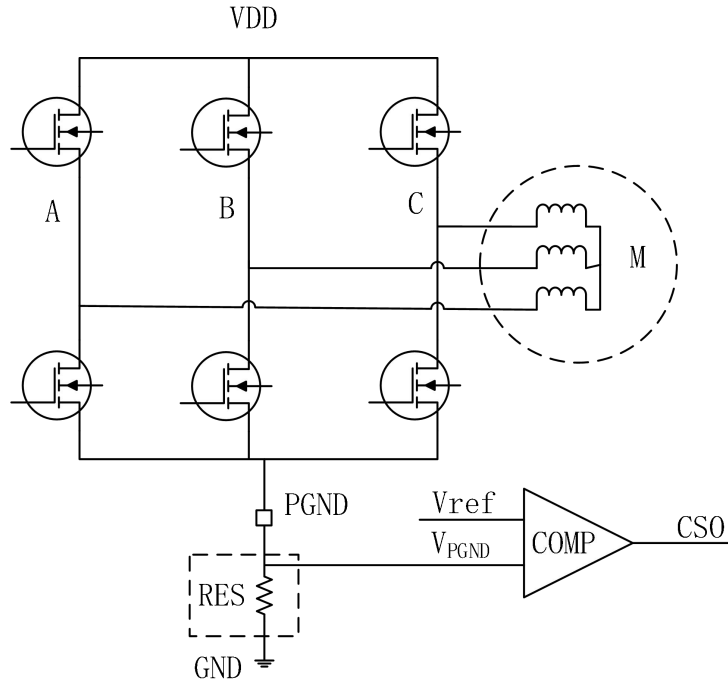


图 4.7 功率管电流采样检测电路

4.4 电荷泵升压电路

电荷泵升压电路是芯片的主要模块之一，它产生足够高的电压来驱动高边 N 沟道功率管。如下图 4.8 所示，电荷泵电路在时钟信号 CLK 的控制下，每个时钟周期内，前半周期对电容 C1 进行充电，后半周期将 C1 上的电荷叠加到 C2 上，使 VCP 电压在 VIN 的基础上逐渐升高，最终稳定在 VIN+5V 左右。

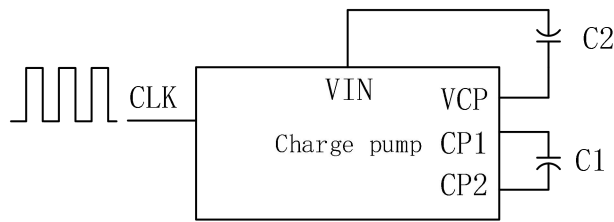


图 4.8 电荷泵升压电路

五、性能参数

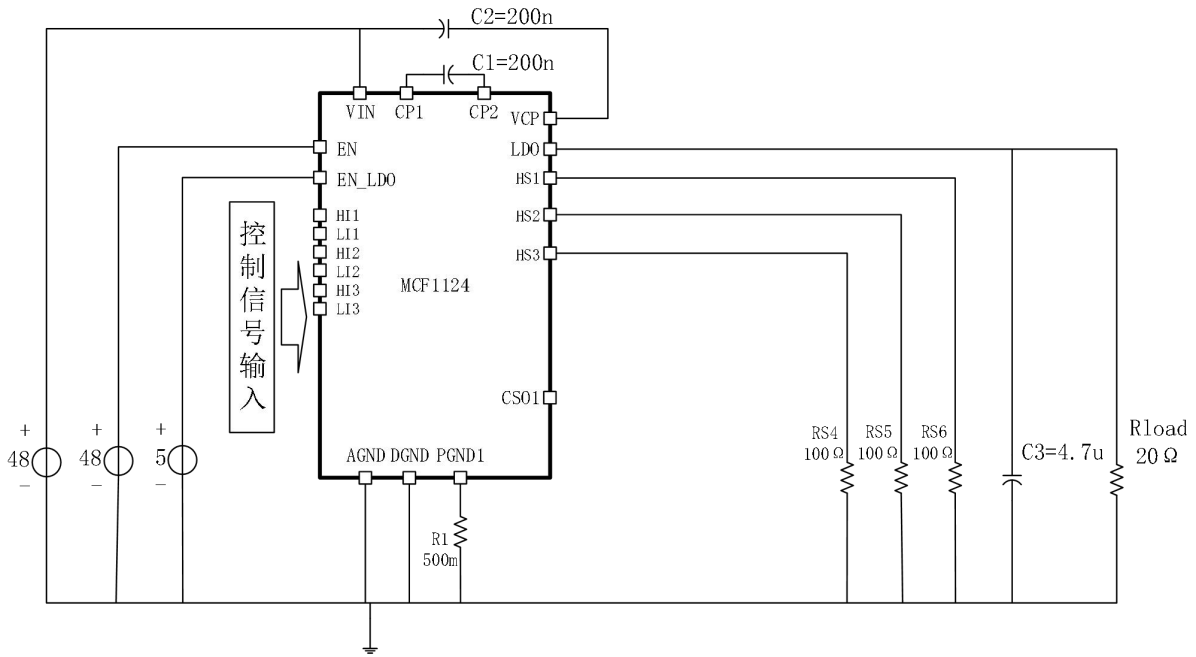


图 5.1 典型应用电路

表格 5.1 最大额定值

$T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 到 150°C ，除非特殊说明，所有电压均相对于地。

参数	符号	极限值		单位	备注
		最小值	最大值		
输入电压	VIN	-0.3	66	V	
输入电压	EN	-0.3	66	V	
输入电压	EN_LDO	-0.3	7	V	
输入电压	HI1~HI3 LI1~LI3	-0.3	7	V	
输出电压	HS1~HS3	0	60	V	
输出电压	VLDO	-0.3	5.5	V	

输出电压	CSO	-0.3	5.5	V	
温 度	Tj		150	°C	结温
	Tstg	-40	150	°C	存储温度
热 阻	Rthj-a	50	90	K/W	仅管脚
ESD 耐压 ¹⁾	V _{ESD-HBM}	-2000	2000	V	人体模型

1) ESD 耐压人体模型依据 JESD22-A114。

表5.2 电气特性参数

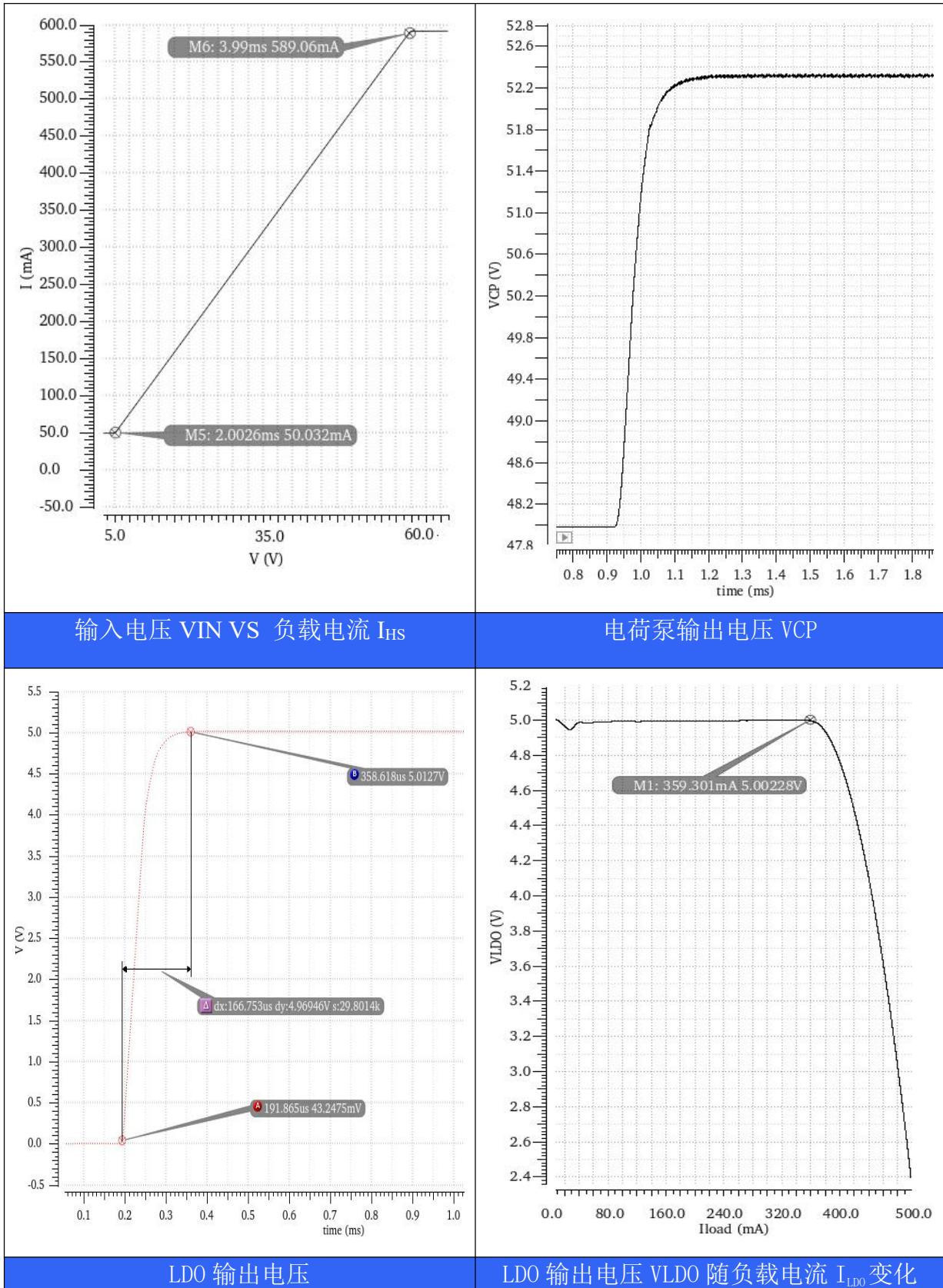
(VIN=48V, 环境温度为 25°C (电路测试条件参照图 5.1 所示, 除非另有规定))

符号	参 数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VIN}	空载工作电流	断 开 负 载 电 阻 RS1~RS3, Rload。输 入信号全部关断, 电路 工作状态稳定时的电 流, EN=VIN	1.74		1.92	mA
I _Q	Standby 模式电流	EN=0	8.3	8.5	10	uA
I _{HS}	单通道驱动电 路输出电流	输入信号 HI 为高, LI 为低		472.37		mA
V _{HS}	单通道驱动电 路输出电压			47.24		V
V _{dr}	V _{HS} 与 V _{VIN} 的 压差			0.76		V
R _{DSON_drv}	驱动电路功率 管导通电阻				1.609	

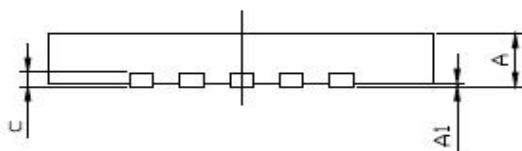
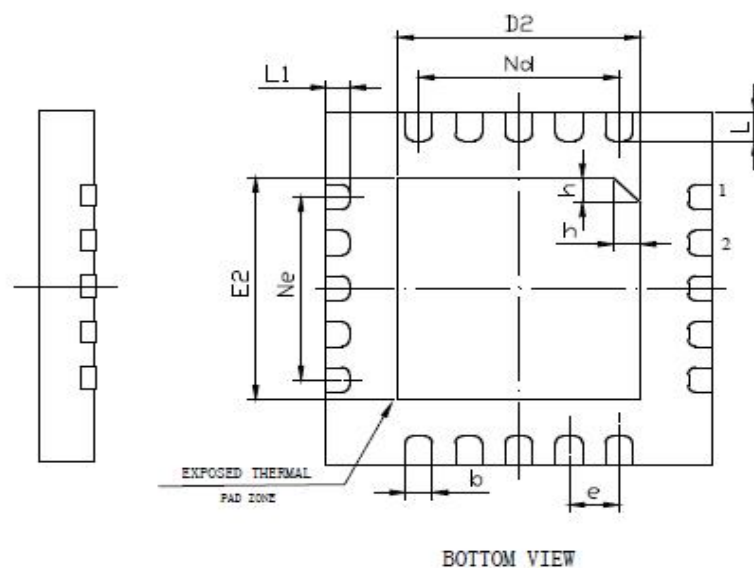
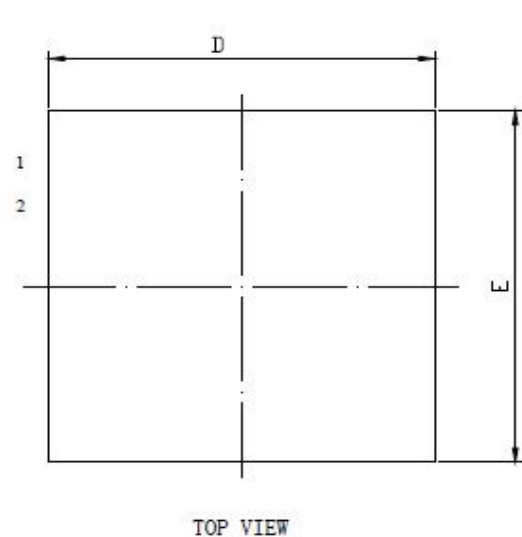
I_{VLDO}	LDO 负载电流	EN_LDO 接高电平	248.4	250.5	251.4	mA
V_{VLDO}	LDO 输出电压			5.01		V
R_{DSON_LDO}	LDO 功率管导通电阻	功率管 GATE 电压完全开启时, 功率管导通电阻		4		Ω
V_{EN_LDO}	开启阈值 关断阈值	对 V_{EN_LDO} 信号进行 0~5V 电压扫描		3.06		V
V_{HI}/V_{LI}	开启阈值 关断阈值	对 HI/LI 输入信号进行 0~5V 电压扫描		3.14 1.77		V
V_{UVLO}	欠压开启阈值 欠压关断阈值	对 VIN 进行 0~5V 电压 扫描		2.92 2.74		V
V_{OV-DET}	过压开启阈值 过压关断阈值	对 VIN 进行 0~65V 电 压扫描		50.32 48.96		V
V_{CP1}	电荷泵片外电 容正极电压	电荷泵电路需在 LDO 模块输出稳定后开始 工作	52.29 47.83	52.88 47.95		V
V_{CP2}	电荷泵片外电 容负极电压		47.76 42.91	47.9 42.95		V
V_{VCP}	电荷泵输出电 压		48	52.77	52.9	V
V_{CSO}	开启阈值 关断阈值	对 V_{PGND} 电压进行扫 描, 当输出信号 V_{CSO} 上下翻转时 V_{PGND} 的电 压值		500.4 441.77		mV
TSD	热关断			160		$^{\circ}\text{C}$
THYST	热迟滞			18		$^{\circ}\text{C}$

表5.3 典型特性

(VIN=30 V, TAMB = 25°C, 参考图 5.1 所示典型应用电路, 除非另有说明)



六、MCF1124 封装规格



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	—	0.02	0.05
b	0.30	0.35	0.40
c	0.18	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10
D2	3.05	3.15	3.25
e	0.65BSC		
Ne	2.60BSC		
Nd	2.60BSC		
E	4.90	5.00	5.10
E2	3.05	3.15	3.25
L	0.35	0.40	0.45
L1	0.25	0.30	0.35
h	0.30	0.35	0.40
L/F载体尺寸			

** 特殊设计：左右两边引脚比上下两边引脚短。

QFN20L 产品外形图