

HQ1ED020I12 型单通道 IGBT 驱动器

数据手册

1 概述

1.1 产品特性

- ◆ 单通道隔离的 IGBT 驱动器
- ◆ 适用于 600V/1200V 的 IGBT
- ◆ 2A 轨到轨的输出
- ◆ Vcesat 检测
- ◆ 主动米勒钳位
- ◆ 片上变压器隔离驱动
- ◆ 电流隔离
- ◆ 集成保护功能
- ◆ 适用于在高环境温度下的操作

1.2 产品应用

- ◆ AC/DC 电机驱动器
- ◆ 汽车 OBC 及主驱动逆变器
- ◆ 空调逆变器
- ◆ 电焊机、弧焊机
- ◆ 不间断电源
- ◆ HEV 及 EV 的辅助逆变器
- ◆ 电池储能
- ◆ 光伏逆变器及优化器

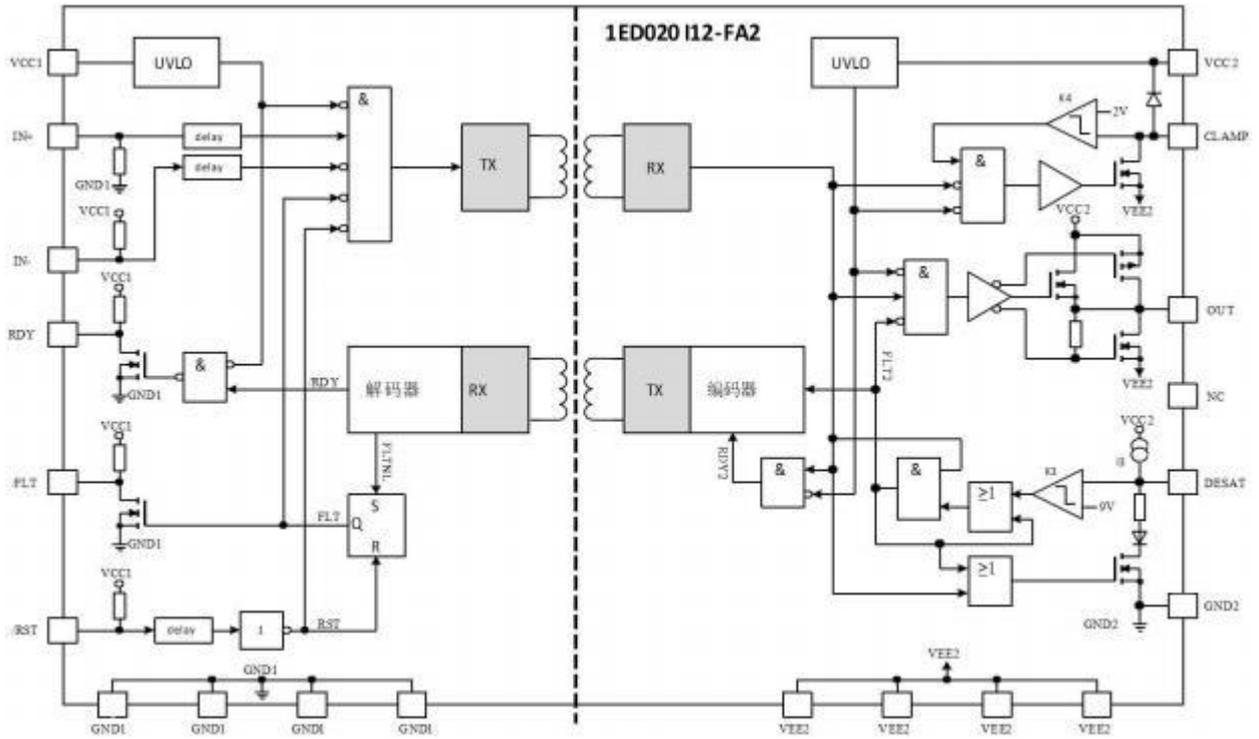
1.3 产品描述

HQ1ED020I12 是电流隔离单通道 IGBT 驱动器，它提供了典型的 2A 的输出电流能力。产品所有逻辑引脚兼容 5V CMOS，也可直接连接到微控制器。通过集成片上硅基变压器技术实现了电流隔离的数据传输。提供了多种保护功能，包括 IGBT 去饱和保护、主动米勒钳位和主动关断。

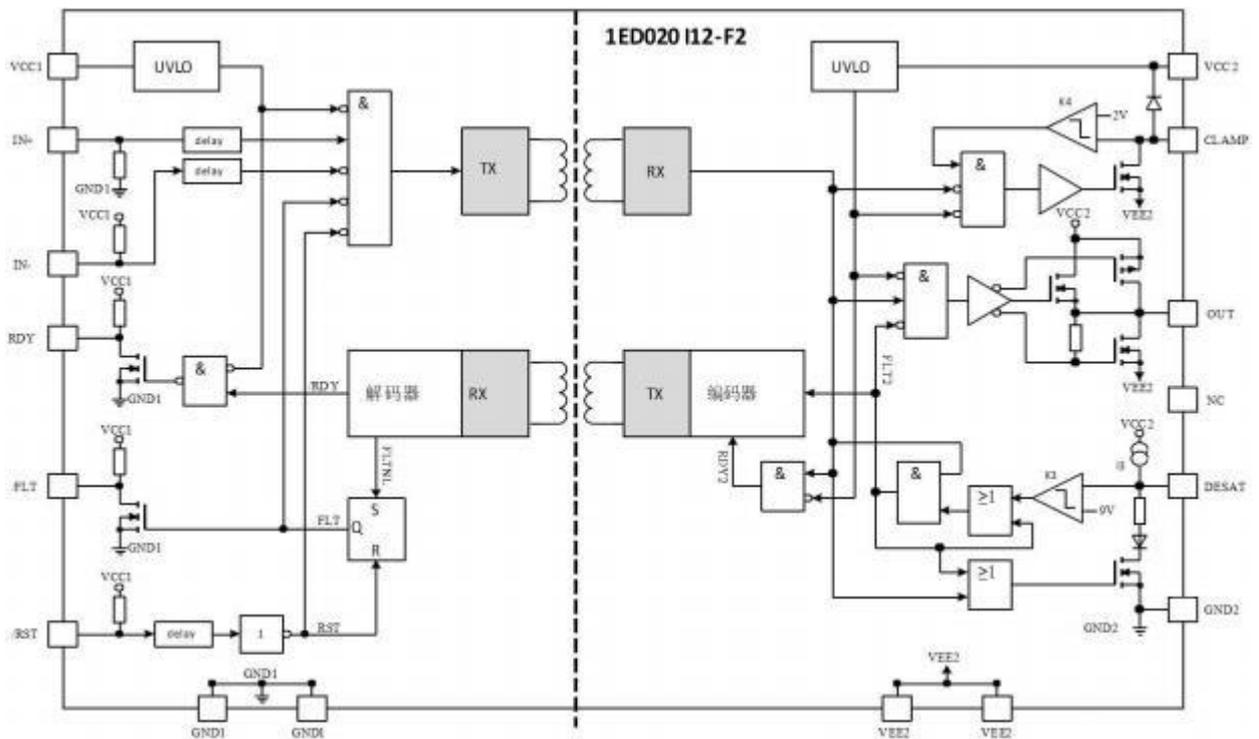
HQ1ED020I12 是一种先进的 IGBT 栅极驱动器，也可用于驱动功率 MOS 器件。包括控制和保护功能，使高可靠性系统的设计成为可能。该装置由两个电流隔离部件组成。输入芯片可以直接连接到标准 5V DSP 或具有 CMOS 输入/输出的微控制器，输出芯片连接到高压侧。

轨到轨驱动器输出使用户能够在 IGBT 短路时方便地钳位 IGBT 栅极电压。因此，通过 Miller 电容的反馈可以避免短路电流的增加。此外，轨到轨输出降低了功耗。该器件还包括带故障状态输出的 IGBT 去饱和保护。当设备已供电且运行正常则 READY 状态输出报告。

2 结构框图



a) C-SOP20 产品结构框图

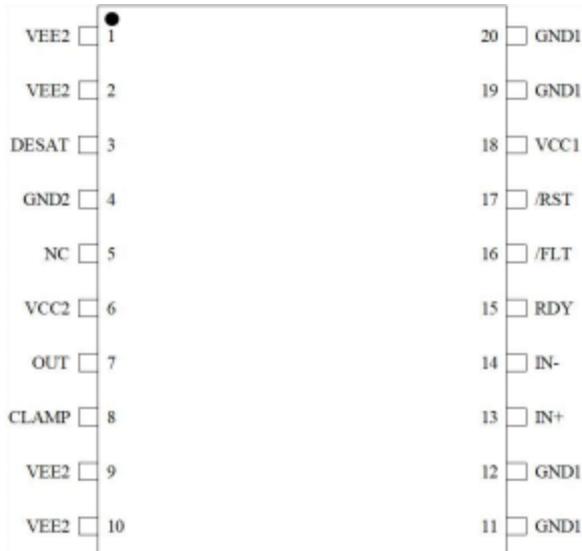


b) P-LGA16 及 P-SOP16 产品结构框图

图 1 结构框图

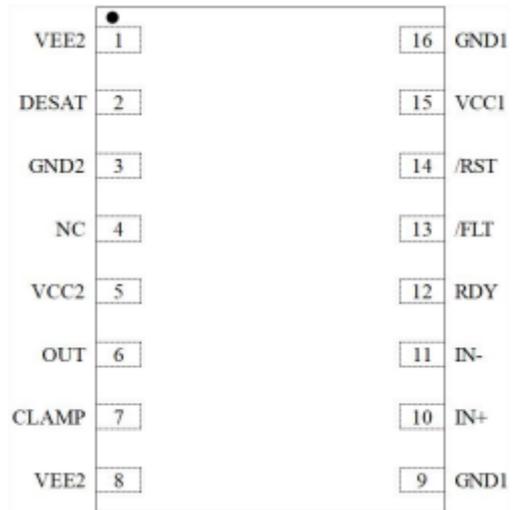
3 引脚排列

HQ1ED020I12 采用 C-SOP20、P-LGA16 及 P-SOP16 封装，引脚排列如下图所示：



a) C-SOP20 产品引出端

排列示意图



b) P-LGA16 及 P-SOP16 产品

引出端排列示意图

引脚序号		引脚名称	引脚描述
C-SOP20	P-LGA16 / P-SOP16		
1, 2, 9, 10	1, 8	VEE2	负极电源输出侧
3	2	DESAT	去饱和保护
4	3	GND2	信号接地输出侧
5	4	NC	无连接
6	5	VCC2	正极电源输出侧
7	6	OUT	驱动器输出
8	7	CLAMP	米勒钳位
11, 12, 19, 20	9, 16	GND1	接地输入侧
13	10	IN +	同相驱动器输入
14	11	IN -	反相驱动器输入
15	12	RDY	就位输出
16	13	\overline{FLT}	故障输出，低电平有效
17	14	\overline{RST}	复位输入，低电平有效
18	15	VCC1	正极电源输入侧

图 2 引脚排列示意图

4 电气参数

4.1 绝对最大额定值

表 2 除非另有说明，所有参数点均参考 GND1

参数	符号	测试条件或说明	最小值	最大值	单位
正极电源输出侧	V_{VCC2}	参考 GND2	- 0.3	20	V
负极电源输出侧	V_{VEE2}	参考 GND2	- 12	0.3	V
最大电源电压输出侧	V_{max2}	$V_{VCC2} - V_{VEE2}$	-	28	V
栅极驱动输出电压	V_{OUT}	-	$V_{VEE2} - 0.3$	$V_{VCC2} + 0.3$	V
栅极驱动的高电平输出最大电流	I_{OUT}	$t=2\mu s$	-	2.4	A
栅极和钳位驱动低电平输出最大电流	I_{OUT}	$t=2\mu s$	-	2.4	A
最大短路钳位时间	t_{CLP}	$I_{CLAMP/OUT}=500mA$	-	10	μs
正极电源输入侧	V_{VCC1}	-	- 0.3	6.5	V
逻辑输入电压	$V_{LogicIN}$	$IN +$ 、 $IN -$ 、 \overline{RST}	- 0.3	6.5	V
逻辑输出电压	$V_{FLT\#}$	\overline{FLT}	- 0.3	6.5	V
逻辑输出电压	V_{RDY}	RDY	- 0.3	6.5	V
DESAT 引脚电压	V_{DESAT}	参考 GND2	- 0.3	$V_{VCC2} + 0.3$	V
CLAMP 引脚电压	V_{CLAMP}	参考 VEE2（在短路钳位时可能会超过该值）	- 0.3	$V_{VCC2} + 0.3$	V
输入到输出隔离电压	V_{ISO}		- 3.75	+ 3.75	kV
结区温度	T_J	-	-	175	$^{\circ}C$
储存温度	T_S	-	- 65	150	$^{\circ}C$
每个输入部分功耗	$P_{D, IN}$	$T_A=25^{\circ}C$	-	100	mW
每个输出部分功耗	$P_{D, OUT}$	$T_A=25^{\circ}C$	-	700	mW
ESD（HBM）	V_{ESD}	（通过 1.5k Ω 串联电阻对 100pF 电容器放电）	-	1	kV

4.2 工作参数

表 3 除非另有说明, 所有参数点均参考 GND1

参数	符号	测试条件或说明	最小值	最大值	单位
正极电源输出侧	V _{VCC2}	参考 GND2	13	20	V
负极电源输出侧	V _{VEE2}	参考 GND2	- 12	0	V
最大电源电压输出侧	V _{max2}	V _{VCC2} - V _{VEE2}	-	28	V
正极电源输入侧	V _{VCC1}	-	4.5	5.5	V
逻辑输入电压	V _{LogicIN}	IN + , IN - , \overline{RST}	- 0.3	5.5	V
CLAMP 引脚电压	V _{CLAMP}	(在短路钳位时可能会超过该值)	V _{VEE2} - 0.3	V _{VCC2}	V
DESAT 引脚电压	V _{DESAT}	参考 GND2	- 0.3	V _{VCC2}	V
TLSET 引脚电压	V _{TLSET}	参考 GND2	- 0.3	V _{VCC2}	V
工作环境温度	T _A	-	- 55	125	°C
共模瞬态抑制 ^a	dV _{ISO} /dt	@500V	-	50	kV/us

^a (该参数不需要经过生产测试, 通过设计/特性描述进行验证)

4.3 推荐工作条件

表 4 除非另有说明, 所有参数点均参考 GND1

参数	符号	测试条件或说明	推荐值	单位
正极电源输出侧	V _{VCC2}	参考 GND2	15	V
负极电源输出侧	V _{VEE2}	参考 GND2	- 8	V
正极电源输入侧	V _{VCC1}	-	5	V
工作环境温度	T _A	-	- 55~ + 125	°C

4.4 电气特性

除另有规定外, V_{VCC2}=15V, V_{VEE2}= - 8V, V_{VCC1}=5V, T_A= - 55°C~ + 125°C。

表 5 电特性

参数	符号	测试条件或说明	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压						
输入芯片 UVLO 阈值	V _{UVLOH1}		-	-	4.3	V
	V _{UVLOL1}		3.0	-	-	V
输出芯片 UVLO 阈值	V _{UVLOH2}		-	-	12.6	V
	V _{UVLOL2}		10.4	-	-	V

表 5 电特性 (续)

参数	符号	测试条件或说明	最小值	典型值	最大值	单位
输入芯片静态电流	I_{Q1}	$V_{VCC1}=5V$, $IN+=HiHQ$, $IN-=Low$, $OUT=HiHQ$, $RDY=HiHQ$, $FLT=HiHQ$	-	-	9	mA
输出芯片静态电流	I_{Q2}	$V_{VCC2}=15V$, $V_{VEE2}=-8V$, $IN+=HiHQ$, $IN-=Low$, $OUT=HiHQ$, $RDY=HiHQ$, $FLT=HiHQ$	-	-	6	mA
逻辑输入输出						
$IN+$, $IN-$, RST 低输入电压	V_{IN+L} V_{IN-L} $V_{RSTL\#}$		-	-	1.5	V
$IN+$, $IN-$, RST 高输入电压	V_{IN+H} V_{IN-H} $V_{RSTH\#}$		3.5	-	-	V
$IN-$, RST 输入电流	I_{IN-} , $I_{RST\#}$	$V_{IN-}=GND1$, $V_{RST\#}=GND1$	-400	-	-	μA
$IN+$ 输入电流	I_{IN+}	$V_{IN+}=V_{VCC1}$	-	-	400	μA
RDY, FLT 上拉电流	I_{PRDY} , $I_{PFLT\#}$	$V_{RDY}=GND1$, $V_{FLT\#}=GND1$	-400	-	-	μA
$IN+$, $IN-$ 输入脉冲抑制 ^a	T_{MININ+} , T_{MININ-}		30	-	-	ns
RST 输入脉冲抑制 ^a	T_{MINRST}		30	-	-	ns
RST 脉冲宽度	T_{RST}		800	-	-	ns
FLT 低输入电压	V_{FLT}	$I_{SINK(FLT\#)}=5mA$	-	-	300	mV
RDY 低输入电压	V_{RDYL}	$I_{SINK(RDY)}=5mA$	-	-	300	mV
栅极驱动						
高电平输出电压	V_{OUTH1}	$I_{OUTH}=-20mA$	$V_{VCC2}-1.2$	-	-	V
高电平输出电压	V_{OUTH2}	$I_{OUTH}=-200mA$	$V_{VCC2}-2.5$	-	-	V
高电平输出电压	V_{OUTH3}	$I_{OUTH}=-1A$	$V_{VCC2}-9$	-	-	V
高电平输出电压 ^a	V_{OUTH4}	$I_{OUTH}=-2A$		$V_{VCC2}-10$	-	V
高电平输出峰值电流	I_{OUTH}	$IN+=HiHQ$, $IN-=Low$, $OUT=HiHQ$	-15	-	-	A
低电平输出电压	V_{OUTL1}	$I_{OUTL}=20mA$	-	-	$V_{VEE2}+0.09$	V
低电平输出电压	V_{OUTL2}	$I_{OUTL}=200mA$	-	-	$V_{VEE2}+0.85$	V
低电平输出电压	V_{OUTL3}	$I_{OUTL}=1A$	-	-	$V_{VEE2}+5$	V
低电平输出电压 ^a	V_{OUTL4}	$I_{OUTL}=2A$	-	$V_{VEE2}+7$	-	V
低电平输出峰值电流 ^a	I_{OUTH}	$IN+=Low$, $IN-=Low$; $OUT=Low$, $V_{VCC2}=15V$, $V_{VEE2}=-8V$	1.5	-	-	A
主动米勒钳位						
低电平钳位电压	$V_{CLAMPL1}$	$I_{OUTL}=20mA$	-	-	$V_{VEE2}+0.08$	V
低电平钳位电压	$V_{CLAMPL2}$	$I_{OUTL}=200mA$	-	-	$V_{VEE2}+0.8$	V
低电平钳位电压	$V_{CLAMPL3}$	$I_{OUTL}=1A$	-	-	$V_{VEE2}+4.8$	V

表 5 电特性 (续)

参数	符号	测试条件或说明	最小值	典型值	最大值	单位
低电平钳位电流 ^a	I _{CLAMPL}		2	-	-	A
钳位阈值电压	V _{CLAMP}	参考 VEE2	1.6	-	2.4	V
短路钳位测试条件 IN+=HiHQ, IN- =Low, OUT=HiHQ						
钳位电压(OUT) (V _{OUT} -V _{VCC2}) ^a	V _{CLPout}	脉冲测试 t _{CLPmax} =10us	-	-	1.3	V
钳位电压(CLAMP) (V _{VCLAMP} -V _{VCC2}) ^a	V _{CLPclamp}	I _{CLAMP} =500mA, 脉冲测试 t _{CLPmax} =10us	-	1.3	-	V
钳位电压(CLAMP)	V _{CLPclamp}	I _{CLAMP} =20 mA	-	-	1.1	V
动态参数 V_{VCC1}=5V, V_{VCC2}=15V, V_{VEE2}= - 8V						
IN+, IN-输入到输出传播开启延迟	T _{PDON}	C _{LOAD} =100pF,	145	-	195	ns
IN+, IN-输入到输出传播关闭延迟	T _{PDOff}	V _{IN+} =50%, V _{OUT} =50%, T _A =25°C	145	-	190	ns
IN+, IN-输入到输出传播失真延迟(T _{PDOff} - T _{PDON})	T _{PDISTO}		- 35	-	25	ns
温度变化引起的 IN+, IN-输入到输出传播开启延迟	T _{PDONt}	C _{LOAD} =100pF	160	-	240	ns
温度变化引起的 IN+, IN-输入到输出传播关闭延迟	T _{PDOfft}	V _{IN+} =50%, V _{OUT} =50%	165	-	245	ns
温度变化引起的 IN+, IN-输入到输出传播失真延迟(T _{PDOfft} - T _{PDONt})	T _{PDISTOt}	T _A =125°C	- 25	-	35	ns
温度变化引起的 IN+, IN-输入到输出传播开启延迟	T _{PDONt}	C _{LOAD} =100pF	135	-	195	ns
温度变化引起的 IN+, IN-输入到输出传播关闭延迟	T _{PDOfft}	V _{IN+} =50%, V _{OUT} =50%	125	-	185	ns
温度变化引起的 IN+, IN-输入到输出传播失真延迟(T _{PDOfft} - T _{PDONt})	T _{PDISTOt}	T _A = - 55°C	- 40	-	20	ns
上升时间	T _{RISE}	C _{LOAD} =1nF, V _L 10%, V _H 90%	10	-	60	ns
		C _{LOAD} =34nF, V _L 10%, V _H 90%	200	-	800	ns
下降时间	T _{FALL}	C _{LOAD} =1nF, V _L 10%, V _H 90%	10	-	90	ns
		C _{LOAD} =34nF, V _L 10%, V _H 90%	200	-	600	ns
去饱和和保护						
空电容器充电电流	I _{DESATC}	V _{VCC2} =15V, V _{VEE2} = - 8V, V _{DESAT} =2V	400	-	600	uA
空电容器放电电流	I _{DESATD}	V _{VCC2} =15V, V _{VEE2} = - 8V, V _{DESAT} =6V	9	-	-	mA
去饱和和参考水平	V _{DESAT}	V _{VCC2} =15V	8.0	-	9.5	V
去饱和和过滤时间	T _{DESATfilter}	V _{VCC2} =15V, V _{VEE2} = - 8V, V _{DESAT} =9V	-	250	-	ns
去饱和和效应到 OUT 低电平延迟	T _{DESATOUT}	V _{OUT} =90%, C _{LOAD} =1nF	-	-	430	ns

表 5 电特性 (续)

参数	符号	测试条件或说明	最小值	典型值	最大值	单位
去饱和效应到 FLT 低电平延迟	$T_{DESATFLT}$	$V_{FLT\#}=10\%$, $I_{FLT\#}=5mA$	-	-	2.25	us
过饱和和低电压	V_{DESATL}	$IN+=Low$, $IN-=Low$, $OUT=Low$	0.4	-	0.95	V
主动关闭						
主动关闭电压	V_{ACTSD}	V_{ACTSD} 参考 VEE2, $I_{OUT}=-200mA$, V_{CC2} 开路	-	-	2.0	V

^a 仅用于设计保证, 不进行生产测试。

4.5 时序图

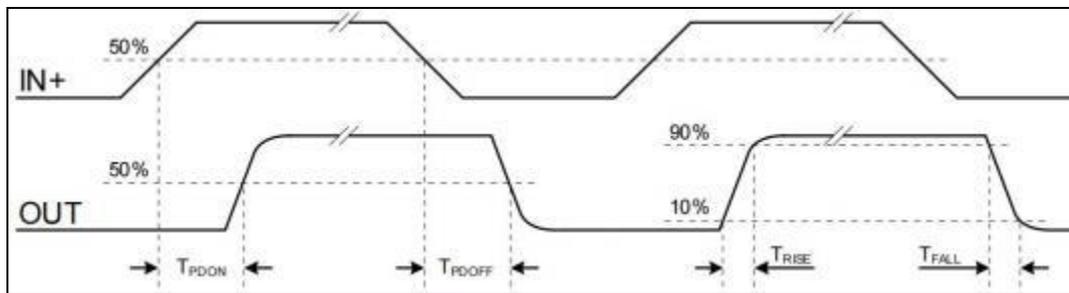


图 3 传播延迟, 上升和下降时间

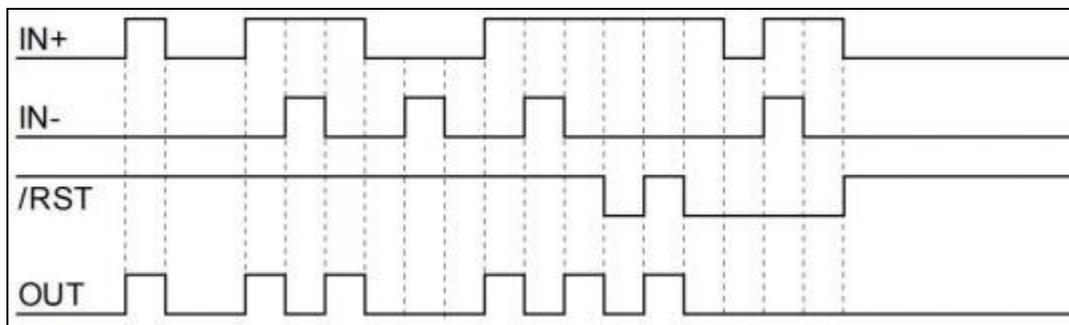


图 4 典型开关性能

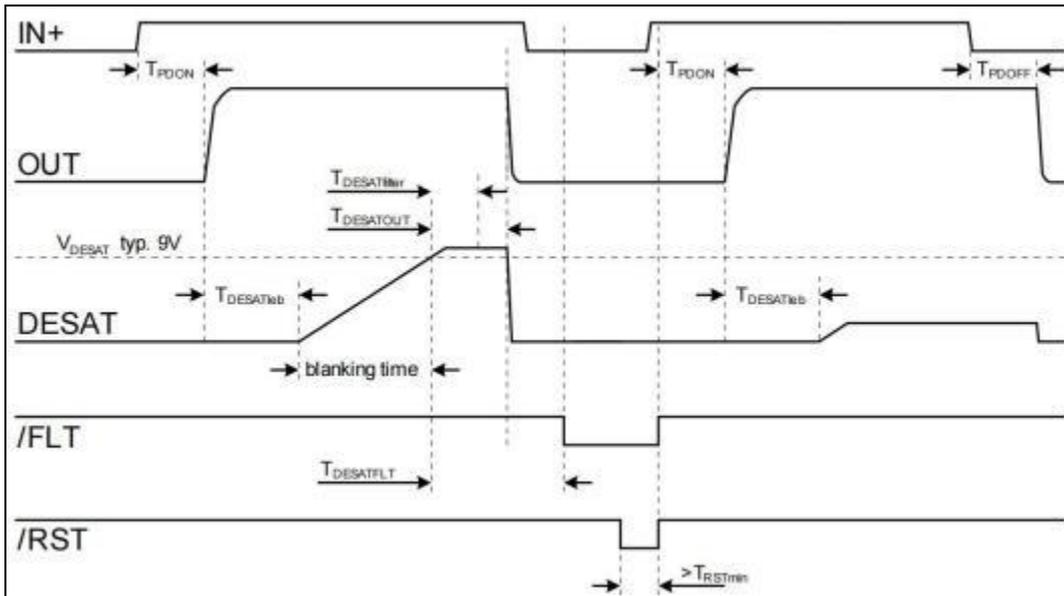


图 5 去饱和和关断性能

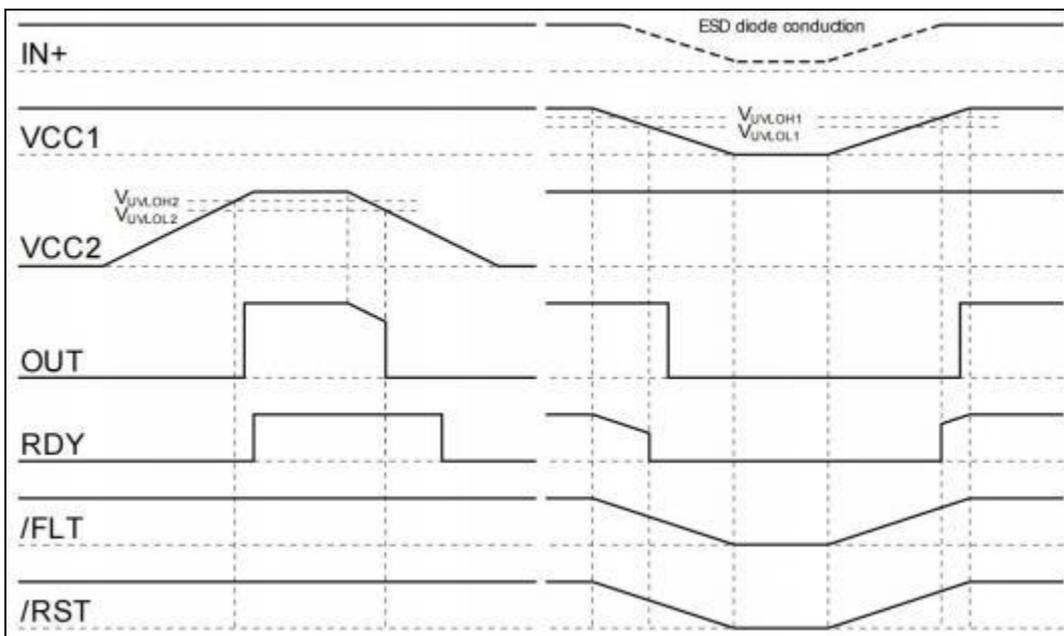


图 6 UVLO

5 工作原理

5.1 供电电源

驱动器 HQ1ED020I12 被设计为支持两种不同的电源配置，双极电源和单极电源。

在双极电源中，正电压 $V_{VCC2} = 15V$ ，负电压 $V_{VEE2} = -8V$ ，请参考图 7。负电源可防止由于 IGBT 输入电容乘以负电源电压产生的额外电荷而动态开启。如果使用适当的负电源电压，则通常不需要将 CLAMP 连接到 IGBT 栅极。

对于单极电源配置，驱动器通常在 VCC2 处提供 15V 的正电压。通过开启 Miller 钳位功能，可以防止 IGBT 的异常动态开启，因此 CLAMP 输出直接连接到 IGBT 栅极，详见图 8。

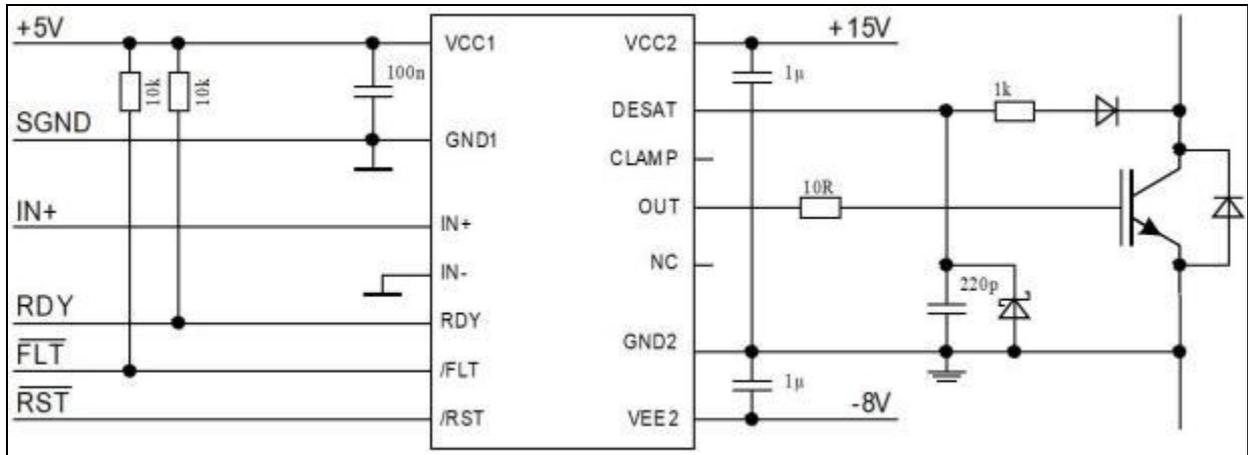


图 7 双极性电源应用示例

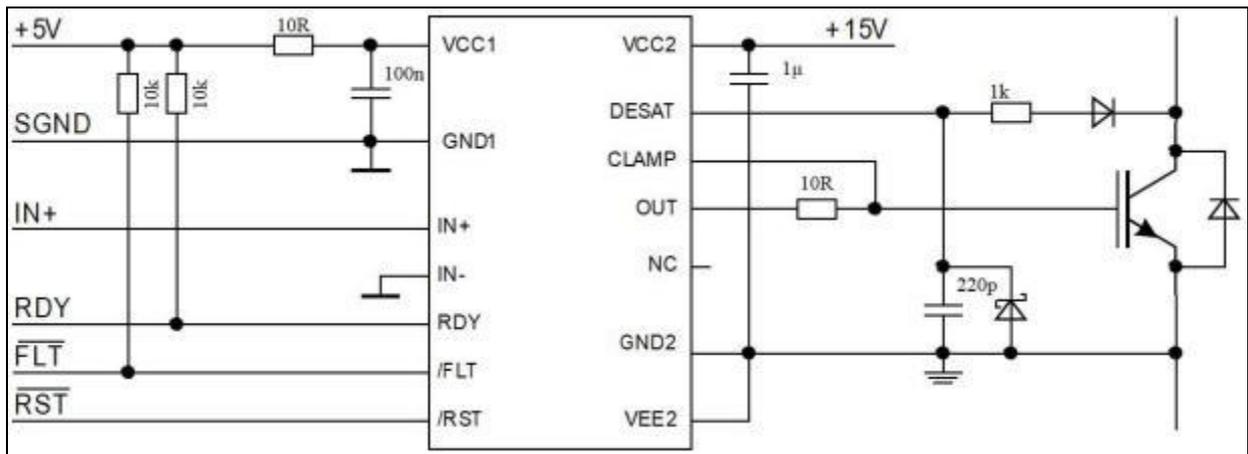


图 8 单极性电源应用示例

5.2 内部保护功能

5.2.1 欠压锁定(UVLO)

为了确保 IGBT 的正确切换，该器件为两个芯片都配备了欠压锁定装置，请参考图 6。如果输入芯片的电源电压 V_{VCC1} 降至 V_{UVLO1} 以下，则在断电前向输出芯片发送关闭信号。在 V_{VCC1} 达到通电电压 V_{UVLOH1} 之前，IGBT 会被关闭，而在 IN+ 和 IN- 处的信号就会被忽略。如果输出芯片的电源电压 V_{VCC2} 降到 V_{UVLO2} 以下，IGBT 将被关闭，来自输入芯片的信号将被忽略，除非 V_{VCC2} 达到通电电压 V_{UVLOH2} 。VEE2 不被监控，否则将不可能出现从 0V 到 -12V 的负电源电压范围。

5.2.2 READY 状态输出

READY 状态输出显示了三个内部保护功能的状态：

- 输入芯片欠压锁定(UVLO)
- 输出芯片短时间延迟后欠压锁定(UVLO)
- 内部信号短时间延迟后传输

无需重置 READY 状态信号，因为其状态只取决于上述保护信号的状态。

5.2.3 看门狗定时器

在正常运行期间，内部信号传输是由一个看门狗定时器监控的。如果传输在给定时间内失败，IGBT 被关闭，READY 状态输出内部错误报告。

5.2.4 主动关闭

如果芯片输出没有连接到电源，主动关闭功能确保 IGBT 的安全关闭状态，IGBT 栅极被钳位在 OUT 至 VEE2。

5.2.5 同相输入和反相输入

有两种可能的输入模式来控制 IGBT。在同相模式下，IN+控制驱动器输出，而 IN- 被设置为低电平。在反相模式下，IN- 控制驱动器的输出，而 IN+被设置为高电平，请参考图 4。定义一个最小输入脉冲宽度来过滤偶尔出现的误差信号。

5.2.6 驱动器输出

输出驱动器部分仅使用MOSFET 来提供轨到轨的输出。该特性允许只要驱动电源稳定，在导通状态和短路时严格控制保持栅极电压。由于内部电压降较低，IGBT 的开关行为主要由栅极电阻控制。此外，它还减少了驱动器所消耗的功耗。

5.3 外部保护功能

5.3.1 去饱和和保护

去饱和保护可确保 IGBT 在短路时得到保护。当 DESAT 电压升高并达到9V 时，输出电压就会变低。此外，FAULT 输出被激活，见图 5。可编程消隐时间用于使 IGBT 饱和和留出足够的时间。消隐时间由一个高精度的内部电流源和一个外部电容提供。

5.3.2 主动米勒钳位

在半桥配置中，关闭的 IGBT 倾向于在相反 IGBT 的导通阶段动态开启。在这种高 dV/dt 情况下，米勒钳位允许通过低阻抗路径降低米勒电流。因此，在许多应用中，可以避免使用负电源电压。在关闭期间，当栅极电压低于典型的 2V（与 VEE2 相关）时，监测栅极电压并激活钳位输出。该钳位设计用于高达 2A 的米勒电流。

5.3.3 短路钳位

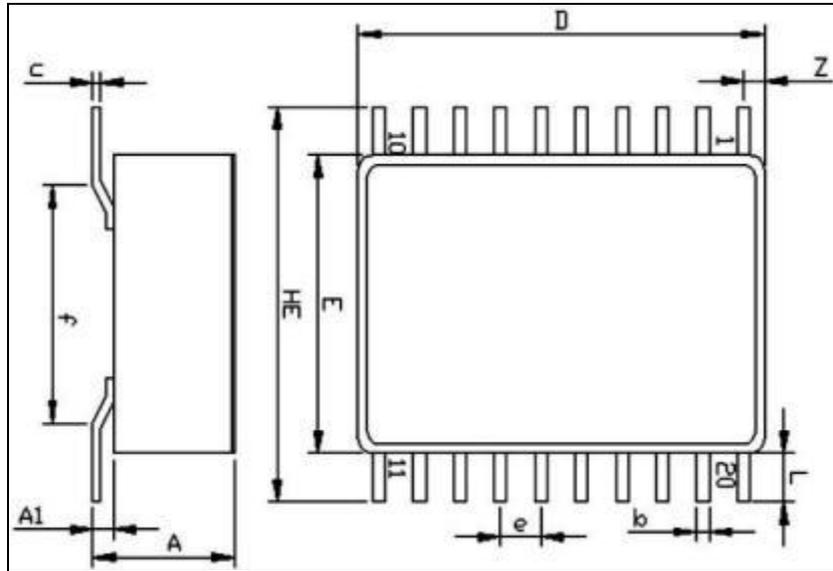
在短路过程中，由于通过米勒电容的反馈，IGBT 栅极电压趋于上升。连接到 OUT 和 CLAMP 的附加保护电路将该电压限制在略高于电源电压的值。最大 500mA 持续 10us 的电流可以通过其中一条路径反馈给电源。如果需要更高的电流或更高的钳位，可以添加外部肖特基二极管。

5.3.4 复位

复位输入有两个功能。首先 \overline{RST} 负责设置故障输出，如果 \overline{RST} 低电平时间超过给定时间，在 \overline{RST} 的上升沿清除 \overline{FLT} ，见图 5，否则保持不变。此外，它还可以作为输入逻辑的启用/关闭，参考图 4。

6 封装尺寸

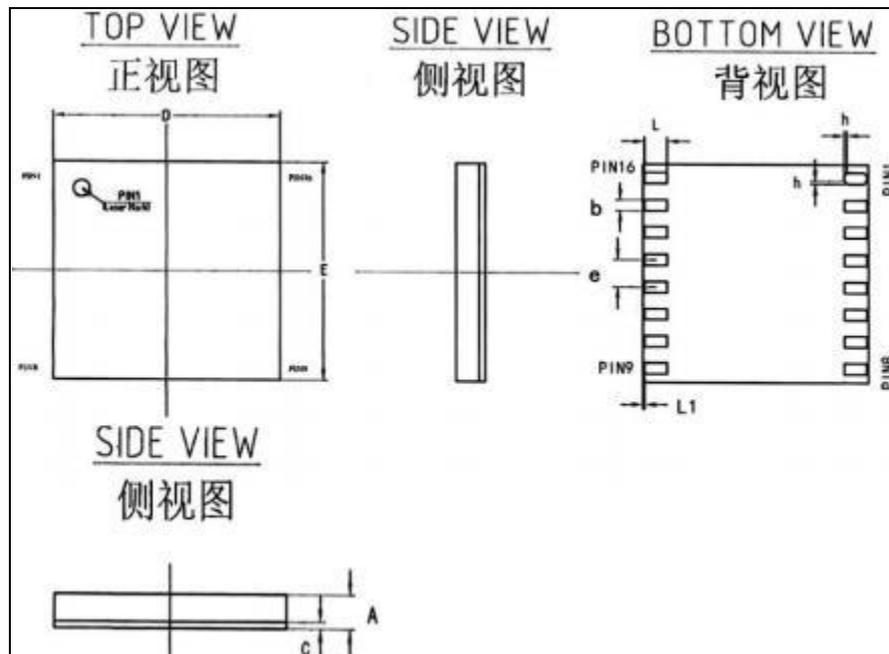
6.1 C-SOP20 封装外形及尺寸



符号	尺寸				符号	尺寸			
	最小值	公称值	最大值	单位		最小值	公称值	最大值	单位
A	4.30	4.55	4.80	mm	Z	0.10	0.30	0.50	mm
A1	0.40	0.65	0.90	mm	D	12.55	12.80	13.05	mm
b	0.30	0.40	0.50	mm	E	9.20	9.45	9.70	mm
c	0.10	0.20	0.30	mm	HE	10.00	10.30	10.60	mm
e	1.17	1.27	1.37	mm	L	0.22	0.42	0.62	mm
f	7.30	7.60	7.90	mm	-	-	-	-	-

图 9 C-SOP20 管壳外形及尺寸示意图

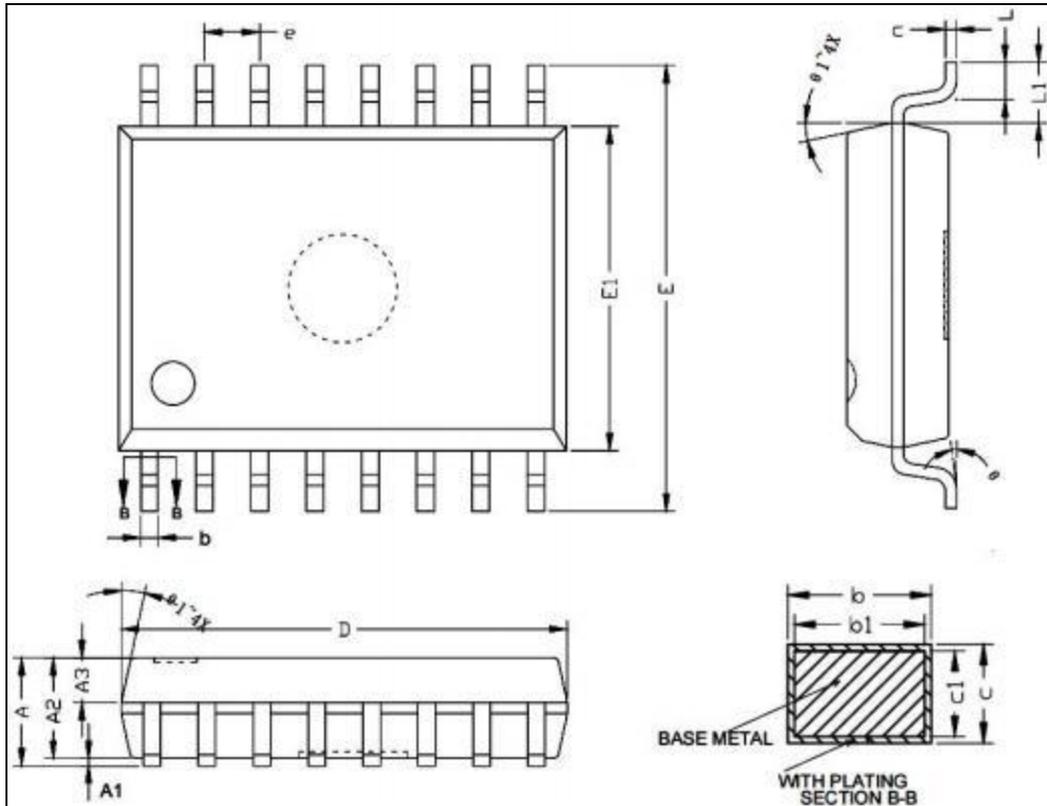
6.2 P-LGA16 封装外形及尺寸



符号	尺寸				符号	尺寸			
	最小值	公称值	最大值	单位		最小值	公称值	最大值	单位
A	1.21	1.31	1.41	mm	e	-	1.27	-	mm
C	0.23	0.26	0.29	mm	L	0.941	1.016	1.091	mm
b	0.433	0.508	0.583	mm	L1	-	0.075	-	mm
D	10.06	10.16	10.26	mm	h	-	0.127	-	mm
E	10.06	10.16	10.26	mm	-	-	-	-	-

图 10 P-LGA16 封装外形及尺寸示意图

6.3 P-SOP16 封装外形及尺寸



符号	尺寸				符号	尺寸			
	最小值	公称值	最大值	单位		最小值	公称值	最大值	单位
A	-	-	2.615	mm	D	10.20	10.30	10.40	mm
A1	0.125	-	0.225	mm	E	10.106	10.306	10.506	mm
A2	2.29	2.34	2.39	mm	E1	7.40	7.50	7.60	mm
A3	0.993	1.043	1.093	mm	e	-	1.27	-	mm
b	0.35	-	0.45	mm	L	0.75	-	0.97	mm
b1	0.34	0.38	0.44	mm	L1	-	1.403	-	mm
c	0.25	-	0.29	mm	θ	0	-	8	度
c1	0.24	0.25	0.26	mm	θ1	6	-	15	度

图 11 P-SOP16 封装外形及尺寸示意图

7 订购指南

完整订货型号	温度范围	质量等级	封装形式
HQ1ED020I12-FA2MB	-55°C至 +125°C	GJB 597B -B 级	C-SOP20
HQ1ED020I12-F2MM1B	-55°C至 +125°C	GJB 10164 -M1 级	P-LGA16
HQ1ED020I12-F2DM1B	-55°C至 +100°C	GJB 10164 -M1 级	P-LGA16
HQ1ED020I12-F2EM2B	-40°C至 +85°C	GJB 10164 -M2 级	P-LGA16
HQ1ED020I12-F2MM1X	-55°C至 +125°C	GJB 10164 -M1 级	P-SOP16
HQ1ED020I12-F2DM1X	-55°C至 +100°C	GJB 10164 -M1 级	P-SOP16
HQ1ED020I12-F2EM2X	-40°C至 +85°C	GJB 10164 -M2 级	P-SOP16