

描述

NE1182 是一款高性能电流型半桥 LLC 控制器，系统稳定性良好且动态特性优化。

NE1182 集成高压启动电流源、半桥驱动单元、X 电容放电等电路模块，IC 外围精简，系统物料成本低。

NE1182 可通过 SETA 和 SETB 引脚电阻选择反馈增益曲线等关键指标档位，实现优化调试。

IC 具有自适应死区调节功能，减小死区期间的损耗，提高系统效率。

NE1182 具有全面的保护功能，供电 UVLO 保护、母线电压 Brown-out 保护、逐周期过流保护、输出短路保护、过功率保护、输出过压保护、外部过温保护、内部过温保护、以及 LLC 容性模式保护等。不同版本，其保护方式可以灵活选择（锁死、不锁死）。

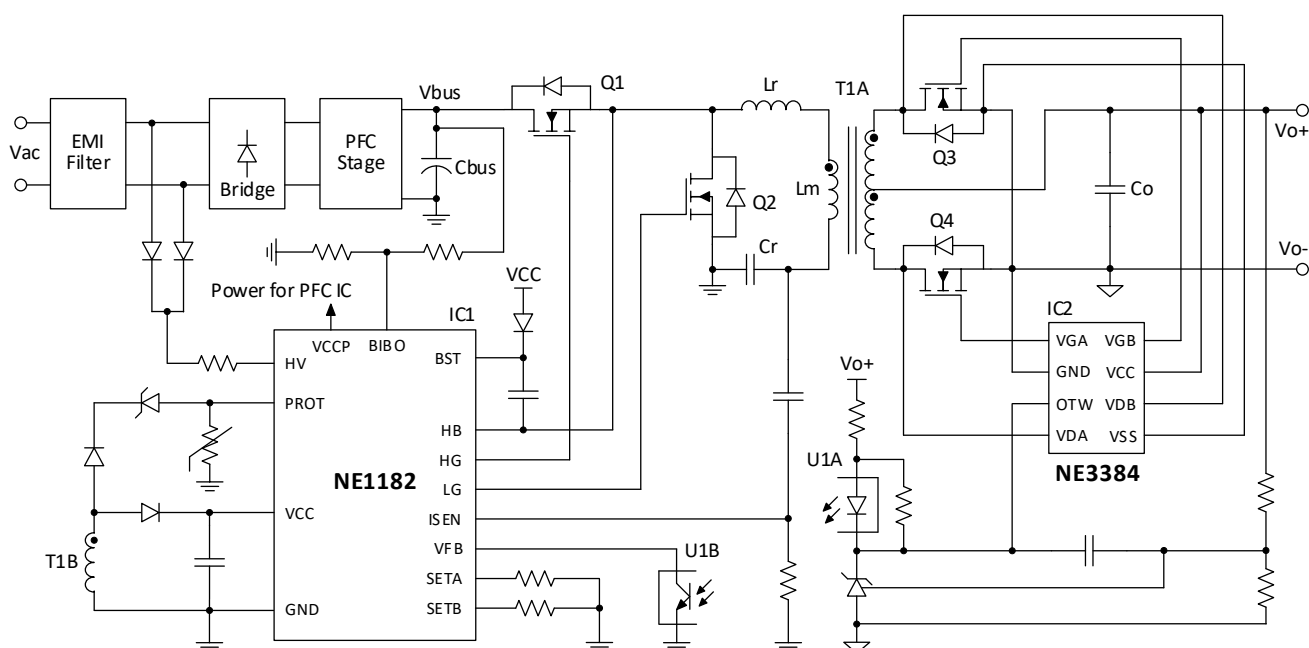
特点

- 集成700V 高压启动
- 工作频率高达 500kHz
- 待机功耗 <75mW
- 可电阻配置功率曲线
- X-Cap 放电功能
- Brown-in/Brown-out 保护
- 自适应死区调节，实现全负载 ZVS
- 开机软启动优化设计，电流过冲小
- 全时域容性模式保护
- 输出过压和短路保护
- 逐周期过流保护
- 过功率保护
- 电流检测脚短路保护
- 内置/外置过温保护
- 采用 SOP-16 封装

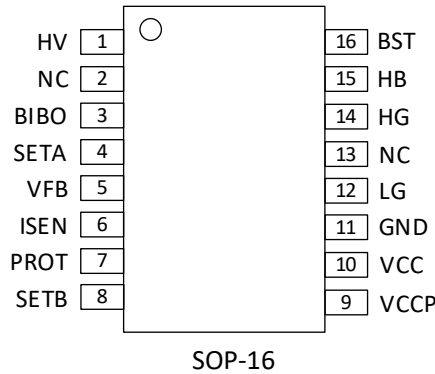
应用

- AC/DC 适配器、PC 电源
- PD 快充电源
- LED 电源
- 通讯、工业、医疗等其它电源

典型应用电路图



引脚封装



引脚功能描述

名称	序号	描述
HV	1	高压启动引脚，开机对 VCC 充电；交流断电时，部分版本进行 X-Cap 放电
NC	2、13	空置
BIBO	3	母线电压检测，进行 BI/BO 控制
SETA	4	电阻参数配置脚，配置 Ton_max 及功率曲线最大参考 Ref_max
VFB	5	闭环反馈输入端
ISEN	6	LLC 谐振腔电流检测，用于控制和过流、容性模式保护
PROT	7	输出过压保护和外部过温保护
SETB	8	电阻参数配置脚，配置幅频曲线最小参考 Ref_min
VCCP	9	VCC 经内部 LDO 输出到 VCCP 给 PFC 供电
VCC	10	IC 供电引脚
GND	11	芯片接地端
LG	12	LLC 下管驱动输出
HG	14	LLC 上管驱动输出
HB	15	与 HG 构成上管驱动回路，并且检测该引脚斜率信息实现自适应死区调节
BST	16	HG 的供电，外接自举电容及

订购信息

型号	Ref_max	X-Cap 放电	OVP	OTP	Logo	最小包装
NE1182A	0.875*Ref_limit	开	锁死	锁死	NE1182A	4000PCS
NE1182B	0.875*Ref_limit	开	不锁死	不锁死	NE1182B	4000PCS
NE1182C	0.875*Ref_limit	关	锁死	锁死	NE1182C	4000PCS
NE1182D	0.875*Ref_limit	关	不锁死	不锁死	NE1182D	4000PCS
NE1182E	0.75*Ref_limit	关	锁死	锁死	NE1182E	4000PCS
NE1182F	0.75*Ref_limit	关	不锁死	不锁死	NE1182F	4000PCS

极限参数

参数	最小值	最大值	单位
高压启动引脚 (HV)	-0.3	700	V
上管辅电电压 (BST)	-0.3	730	V
桥臂中点电压 (HB)	BST-30	BST+0.3	V
上管驱动输出 (HG)	HB-0.3	HB+20	V
供电电压 (VCC)	-0.3	30	V
PFC 供电电压 (VCCP)	-0.3	20	V
下管驱动输出 (LG)	-0.3	20	V
PFC 供电电流 (VCCP)		40	mA
电流检测电压 (ISEN)	-3	5.5	V
VFB, PROT, BIBO, SETA, SETB 引脚输入电压	-0.3	5.5	V
dv/dt_{max}		50	V/ns
最小/最大工作结温度 T_J	-40	150	°C
最小/最大存储温度 T_{stg}	-55	150	°C
焊接温度 (焊锡, 10secs)		260	°C

注

1. 最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。

推荐工作范围

参数	值	单位
VCC to GND	8.8 to 27	V
结点温度 T_J	-40 to 125	°C

注

1. 芯片不保证在其工作条件之外运行的可靠性。

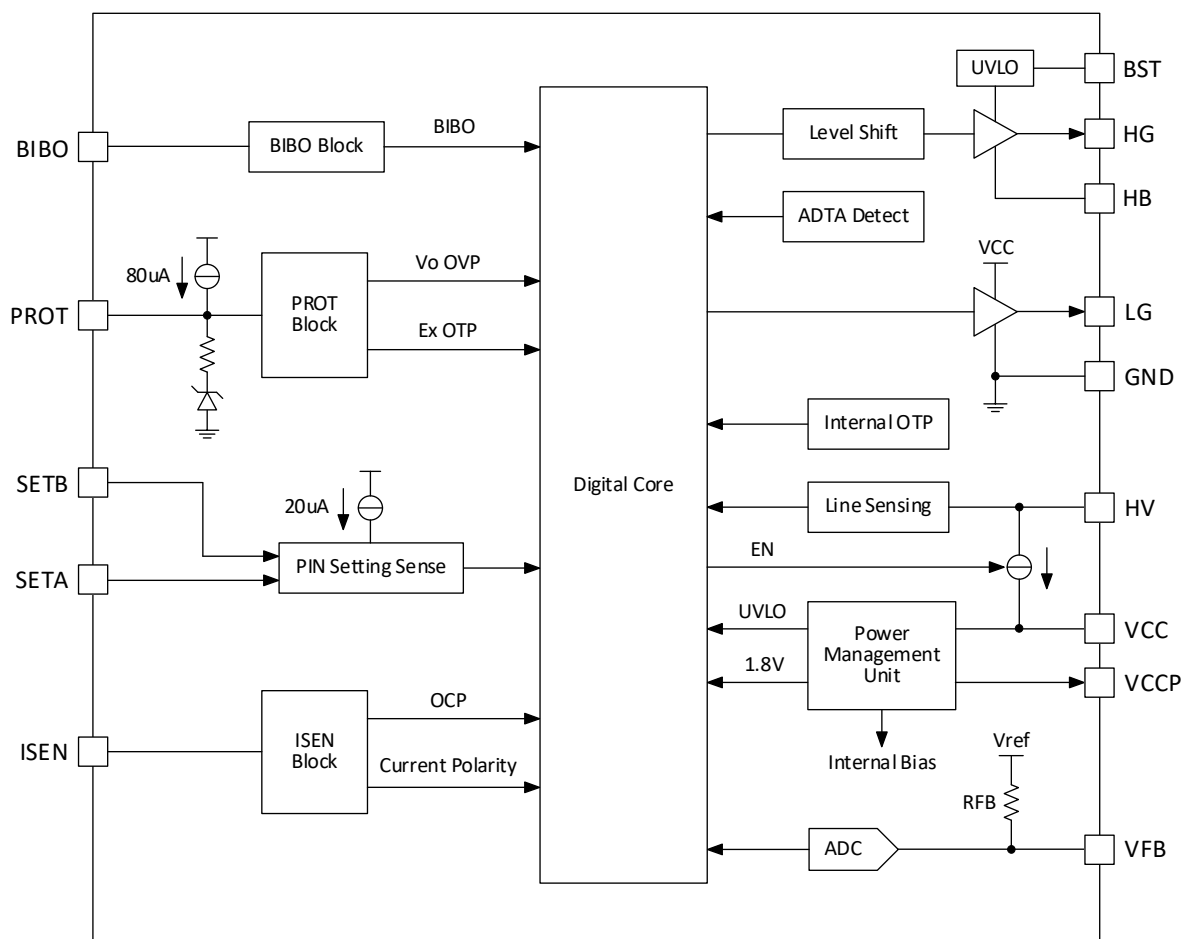
热阻信息

参数	值	单位
结到周围环境的热阻 θ_{JA}	120	°C/W

注

1. 测试数据基于指定 PCB。

内部框图



电气参数

($T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 20\text{V}$ 除非特别注明)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
高压启动引脚 (HV)						
V_{HV_ON}	电流源启动电压				40	V
I_{HV1}	HV 引脚限制电流 1	$V_{CC} < V_{CC_SCP}$		1		mA
I_{HV2}	HV 引脚限制电流 2	$V_{CC} > V_{CC_SCP}$		12		mA
I_{HV_OFF}	HV 引脚关断漏电流	$V_{HV} = 400\text{V}$, $V_{CC} = 18\text{V}$		10		uA
上管辅助源引脚 (BST)						
V_{HG_ON}	VHG 引脚启动电压	HG - HB		7.6		V
V_{HG_OFF}	VHG 引脚欠压阈值	HG - HB		7		V
I_{BST_OFF}	BST 待机耗电	驱动关闭			100	uA
I_{BST_ON}	BST 工作耗电	$F_{SW} = 100\text{kHz}$, $C_{LOAD} = 1\text{nF}$		1.65		mA
供电部分 (VCC)						
V_{CC_ON}	启动电压			16		V
V_{CC_OFF}	欠压保护阈值			8.8		V
V_{CC_HYST}	欠压保护迟滞			7.2		V
V_{CC1}	VCC 低电压			11		V
V_{CC_RST}	VCC 复位电压			6		V
V_{CC_SCP}	VCC 短路电压			0.8		V
I_{CC_normal}	VCC 工作电流	$F_{SW} = 100\text{kHz}$, $C_{LOAD} = 1\text{nF}$		6.50		mA
I_{CC_BURST}	VCC 待机电流	When Burst Off		0.95		mA
PFC 供电引脚 (VCCP)						
V_{CCP_ON}	VCCP 调整电压	$V_{CC} = 16\text{V}$, $I_{CCP} = 20\text{mA}$		13.5		V
V_{CCP_SCP}	VCCP 短路电压			0.8		V
I_{CCP_SCP}	VCCP 短路限电流			1.5		mA
驱动输出引脚 (LG & HG)						
V_{OH}	HG, LG 高电平电压	$C_{GATE} = 1\text{nF}$, source 20mA	11		13	V
V_{OL}	HG, LG 低电平电压	$C_{GATE} = 1\text{nF}$, sink 20mA			0.1	V
I_{SOURCE}	HG, LG 拉电流			-400		mA
I_{SINK}	HG, LG 灌电流			1.2		A
桥臂中点电压变化斜率检测 (HB)						
dv/dt_{HB_max}	可检测 HB 最大斜率	持续时间 6ns	60			V/ns
dv/dt_{HB_min}	可检测 HB 最小斜率	持续时间 100ns			0.06	V/ns
T_{d_min}	最小死区时间			100		ns
T_{d_max}	最大死区时间			600		ns

谐振腔电流检测引脚（ISEN）						
V _{OCp}	过流保护电压	正极性		+1.4		V
		负极性		-1.4		
V _{polarity}	电流极性参考电压	正极性		+40		mV
		负极性		-40		
母线电压检测引脚（BIBO）						
V _{BI}	Brown In 阈值	BI 阈值		2.4		V
V _{BO}	Brown Out 阈值	BO 阈值		2		V
t _{BI}	Brown In 滤波时间			0.2		ms
t _{BO}	Brown Out 滤波时间			10		ms
闭环反馈输入引脚（VFB）						
V _{FB_REF}	VFB 参考电压			5		V
V _{FB_OPP}	VFB 过功率保护电压			2.7		V
V _{BURST_OFF}	Burst 工作电压			0.7		V
V _{BURST_HYST}	Burst 退出回差			0.1		V
R _{FB}	VFB 上拉电阻			24		kΩ
保护引脚（PROT）						
V _{OVp}	输出过压保护	高于参考值判断为过压		2.5		V
V _{OTP1}	外部过温保护	低于参考值判断为过温		0.6		V
V _{OTP2}		高于参考值判断为温度恢复		0.8		V
I _{OTP}	过温度保护外灌电流			80		uA
IC 内部过温保护						
T _{ENTER}	温度保护阈值			145		℃
T _{EXIT}	退出温度保护阈值			120		℃

功能描述

NE1182 是一款高性能电流型半桥 LLC 控制器，集成高压启动电流源、半桥驱动单元、X 电容放电、自动死区识别等电路模块，IC 外围精简，系统物料成本低。

NE1182 可通过 SETA 和 SETB 引脚电阻灵活配置功率曲线，实现优化调试。

NE1182 具有全面的保护功能，供电 UVLO 保护、母线电压 Brown-out 保护、逐周期过流保护、输出短路保护、过功率保护、输出过压保护、外部过温保护、内部过温保护、以及 LLC 容性模式保护等。不同版本，其保护方式可以灵活选择（锁死、不锁死）。

电流型控制模式

NE1182 具有专利的电流型控制策略，可实现稳定的闭环控制和快速的动态响应。

外部环路将副边输出电压 V_o 采样后进行误差放大，通过 TL431 或者运放构成的补偿调节电路以及光耦连接到 VFB 引脚，芯片内部通过将 VFB 信息转换为内环控制参考值。同时通过 ISEN 引脚采样得到的谐振腔电流信息，经过优化的算法后，与内部控制参考比较，控制驱动的开关，实现闭环控制。

这一控制策略属于准一阶系统的双环控制，稳态性能良好，无需采样谐振电容电压的同时具备优化的动态特性。对于起机电流的过冲也有良好的抑制和约束作用。

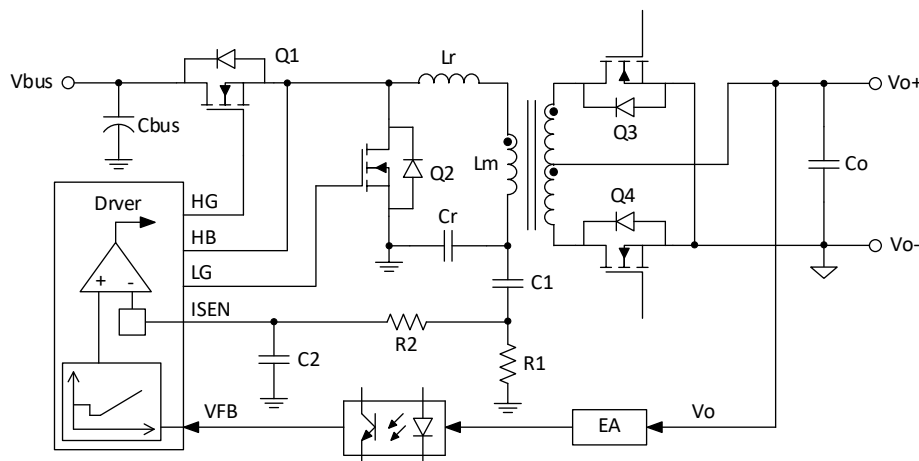


图 1. 电流型控制逻辑

ISEN 引脚参数配置

NE1182 优化的控制设计，实现了 ISEN 一个引脚同时具备环路控制、过流保护、短路保护及容性模式保护功能，极大地简化了外围参数。ISEN 外围参数如上图，C1 是对谐振腔电流的分流，通过采样电阻 R1 转化成电压信号，经过 R2、C2 滤波后给到 ISEN 引脚实现谐振腔电流信息的采样。为了采样的可靠，R1+R2 的阻值需小于 150Ω。同时 R2、C2 滤波不能太大，太大的滤波参数会导致采样信号的失真。R2 建议使用电阻 10Ω，C2 建议使用 1nF。

C1 和 R1 的选择需满足如下条件：

1. R1+R2 的阻值需小于 150Ω，否则影响采样精度。
2. 正常运行时，R1 上的电压需要低于过流保护阈值 1.4V，否则会误触发过流保护。

假设期望谐振器保护电流为 $I_{_OCP}$ ，R1 需满足如下公式：

$$R1 < \frac{1.4V}{I_{_OCP} \times \frac{C1}{C1 + Cr}}$$

工作模式和功率曲线

NE1182 工作在三种模式：1. 连续模式（CCM mode），2. 打嗝模式（Burst mode），3. 待机模式

（Standby mode）。如图，NE1182 闭环控制的功率曲线，决定了系统工作状态。当负载变化时，FB 跟随负载变化，系统根据曲线调整参考，实现控制闭环。重载时，系统工作在 CCM 模式，此时随着负载的加重，FB 电压将会超过过载阈值 FB_OPP，一段时间后，系统关机保护。随着负载的变轻，系统将进入打嗝工作模式，系统再度变轻，进入待机工作模式。进入待机工作模式后，系统会自动抬高参考，以减少开关次数，实现低功耗。

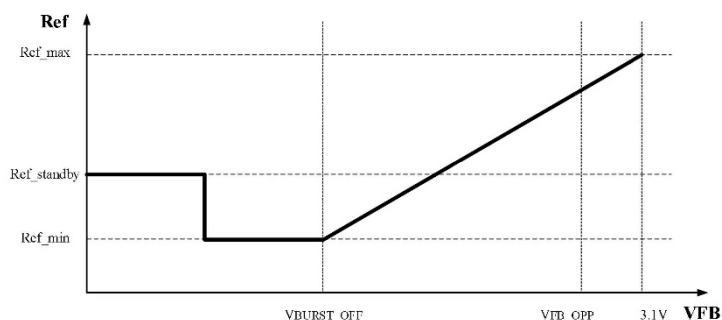


图 2. 功率曲线

为了保护系统安全，NE1182 限制了最大参考 Ref_max，Ref_max 阈值可通过 SETA 引脚电阻配置。同时，为了限制过高的频率工作，芯片限制了最小参考 Ref_min，Ref_min 阈值可通过 SETB 引脚电阻配置。

SETA 引脚配置了芯片工作的最大占空比 Ton_max，配置后系统将 Ton_max 转换成参考限制值 Ref_limit，再乘以系数 Kref 后得到系统最大参考 Ref_max。其中 Kref 取决于不同的芯片版本。SETB 引脚电阻直接决定了最小参考 Ref_min。SETA 和 SETB 配置电阻选择如表 1、2 所示：

表 1: SETA 引脚配置选择

No.	SETA 电阻 (kΩ)	Ton_max (us)	Ref_limit	Ref_max (Kref 由版本决定)
1	10	2.4	3	Kref*3
2	30	3.2	4	Kref*4
3	43	4	5	Kref*5
4	56	4.8	6	Kref*6
5	75	6.4	8	Kref*8
6	100	8	10	Kref*10
7	130	10.4	13	Kref*13
8	1000	16	20	Kref*20

表 2: SETB 引脚配置选择

No.	SETB 电阻 (kΩ)	Ref_min (Ref_limit 由 SETA 配置)
1	10	2
2	30	$2+1/64*Ref_limit$
3	43	$2+2/64*Ref_limit$
4	56	$2+3/64*Ref_limit$
5	75	$2+4/64*Ref_limit$
6	100	$2+5/64*Ref_limit$
7	130	$2+6/64*Ref_limit$
8	1000	$2+7/64*Ref_limit$

注：Ref_max、Ref_min 代表功率曲线参考最大值和最小值，实际对应功率与谐振腔参数选择，系统输入输出电压变化等有关，Ref_max、Ref_min 代表的功率，以实测值为准。

高压启动及供电管理

NE1182 集成了恒流控制的高压启动模块，可以实现快速启机以及极低的待机功耗。开机时，在 V_{CC_ON} 之前，VCC 电容由 HV 的恒流模块充电。为了确保 VCC 短路到 GND 时系统安全，芯片设计了 2 档充电电流 (I_{HV1} 和 I_{HV2})。当 VCC 电压小于短路电压 V_{CC_SCP} 时，充电电流限制在小电流 I_{HV1} ，这个功能是为了防止 VCC 短路时芯片过热。当 VCC 电压大于短路电压 V_{CC_SCP} 且小于开启电压 V_{CC_ON} 时，使用大电流 I_{HV2} 充电，快速启机，确保启机时间符合要求。当 VCC 电压大于 V_{CC_ON} 时，芯片开始工作，同时关闭 HV 充电功能、打开 VCCP 供电，此时若要出驱动，还需 BIBO 引脚电压大于 Brown In 阈值。

开机过程和 Burst 运行时，为了防止 VCC 掉电，芯片设计了高补电和低补电两种补电方式。如图， V_{CC_ON} 以后如果 VCC 电压掉到 $V_{CC_ON_Hys}$ 以下，HV 再次开启，给 VCC 补电，直到 VCC 电压达到 V_{CC_ON} ，高补电逻辑将在 Brown In 后一段时间关闭。芯片 Burst 运行时，进入 Burst Off 后，辅助绕组没有供电能力，此时如果 VCC 电压掉到 V_{CC_LOW} 以下，HV 开启低补电，直到 VCC 电压达到 $V_{CC_LOW_Hys}$ ，低补电可以防止 VCC 掉电重启。

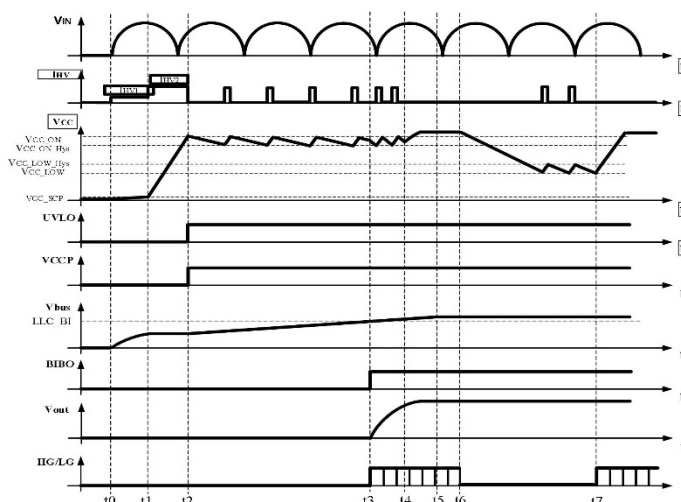


图 3. 高压启机及供电逻辑

自适应死区调节

为了减小开关损耗，LLC 桥臂开关管需要实现软开通，上下管之间的死区时间需要足够以保证另外一个功率管开通时已经完成换流。但当桥臂开关管选型更换或负载变化时，要达到最优的工作状态所需的死区时间并不一致。NE1182 通过检测桥臂中点 HB 的斜率来实现自适应的死区时间调整。

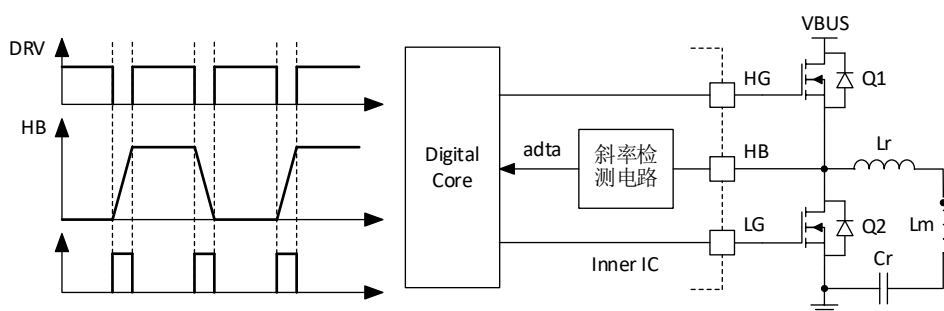


图 4. 自适应死区检测电路

当检测到桥臂中点 HB 的下降沿结束时刻，则开启下管。同样的，下管关闭后，检测到 HB 的上升沿结束时刻，开启上管。为了防止电路失效，在死区时间达到设定的最大死区时间后，且并未出现其他保护逻辑，则将强制结束死区时间，开启下一个开关周期。

X 电容放电

在交流输入插头拔出后，X 电容有电荷残留，可能会对人造成伤害，因此依照安规，在断电一段时间内 X 电容上电压需跌落到一定值以下。通常使用电阻跟 X-CAP 并联，来给 X 电容残留电荷提供放电路径。缺点是，这些放电电阻器在交流电连接时产生额外的功耗，影响电源效率，并且使待机功耗升高，难以满足严格规范的要求。

NE1182 内部集成了智能 X-cap 放电电路，由交流电压移除检测判断和 X-cap 放电电路两个部分构成，当检测到交流移除时会自动给 X-cap 放电，以满足安全规范，而正常工作时，该电路处于关闭状态，损耗极低。

需要注意：X-cap 放电版本的芯片不能把 HV 接到直流母线上，需采样下图接法，否则会一直触发放电。

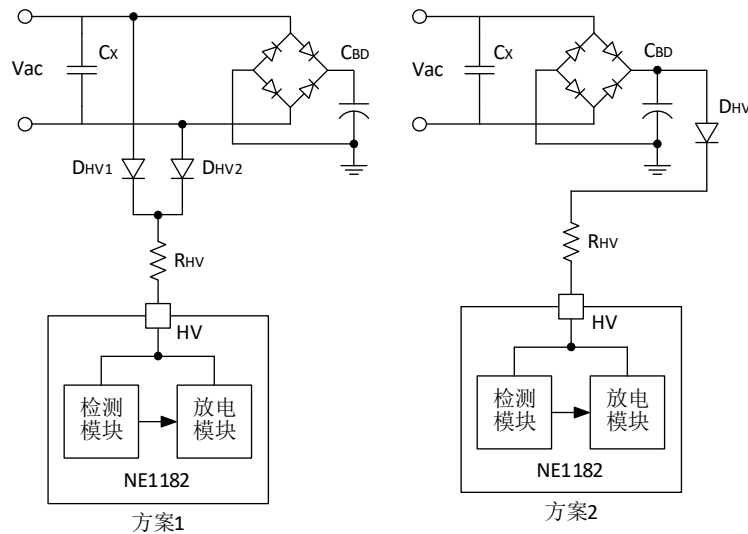


图 5. X-cap 放电接法

保护总表

NE1182 具有齐全的保护，保护行为可根据不同版本选择，如下表是保护总表：

表 3：保护总表

No.	Protection	Description	Action
1	VCC 欠压保护	VCC 电压低于欠压保护阈值	关闭驱动；关闭 VCCP；HV 重新充电；VCC 高于启动电压 V_{CC_ON} 重启
2	VCC 短路保护	VCC 电压低于短路保护阈值	HV 充电电流限制到 I_{HV1}
3	BST 欠压保护	BST 电压低于欠压保护阈值	HG 不出驱动
4	输入欠压保护	BIBO 电压低于 Brown Out 阈值	关闭驱动；当 BIBO 电压高于 Brown In 阈值重启
5	ISEN 引脚短路保护	ISEN 引脚在一定时间内未超过固定阈值	逐周期驱动关闭；累计次数后关闭驱动，1s 后重启
6	逐周期过流保护	ISEN 引脚超过 OCP 保护阈值	逐周期驱动关闭；累计次数后触发短路逻辑
7	短路保护	累计 64 次逐周期过流保护	关闭驱动；1s 后重启
8	容性模式保护	Ton 时间电流未过零	驱动不允许关断直到过零或 T_{on_max}
9	FB 过功率保护 OPP	FB 电压大于过载阈值持续 200ms	关闭驱动；1.6s 后重启
10	PROT 过压保护	PROT 引脚电压大于过压阈值	关闭驱动；1s 后重启；锁死版本芯片累计触发 3 次锁死，VCC 掉电到 V_{CC_RST} 放开，若未达到 3 次前持续 5s 未触发，则清除保护计数
11	PROT 外部过温保护	PROT 引脚电压小于过温阈值持续 50ms	关闭驱动；1s 后重启；锁死版本芯片累计触发 3 次锁死，VCC 掉电到 V_{CC_RST} 放开，若未达到 3 次前持续 5s 未触发，则清除保护计数

VCC 欠压和短路保护

当 VCC 的电压小于欠压保护阈值 V_{CC_OFF} ，关闭驱动和 VCCP，之后开启 HV 充电，当 VCC 高于启动电压 V_{CC_ON} 重启。HV 充电阶段，如果 VCC 电压小于短路保护阈值 V_{CC_SCP} ，为了防止 VCC 短路引起芯片充电过热风险，此时维持小电流 I_{HV1} 充电。

BST 欠压和自举充电

当 BST 的电压小于欠压保护阈值 V_{HG_OFF} ，关闭 HG 驱动。BST 由芯片自举供电，BST 电容 C_{BST} 连接 BST 和 HB 引脚，当下管导通，HB 为低时，VCC 或者 VCCP 通过一个二极管 D_{BST} 串一个电阻 R_{BST} 给电容充电。充电二极管 D_{BST} 需要采用超快恢复二极管，否则在高频应用时，反向恢复电流造成二极管过热损坏，一旦二极管损坏，桥臂功率管和芯片就有损坏风险。 R_{BST} 是用来限制充电电流的，太小的电阻会造成充电电流太大，二极管过热；太大电阻会造成充电电流太小，BST 电容 C_{BST} 充不上电，通常建议电阻 $5.1R \sim 20R$ 左右。

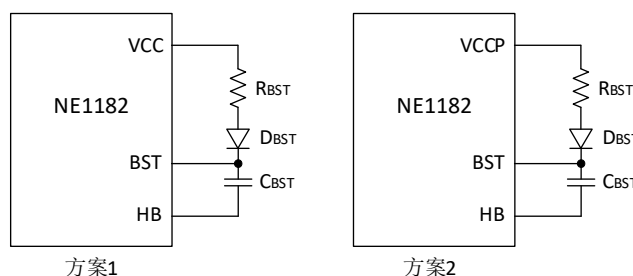


图 6. 自举充电方案

输入 Brown In/Brown Out

NE1182 通过 HV 引脚采集输入电压信息，以此进行输入的 Brown In/Out 判断。当输入电压高于 Brown In 阈值一段时间后，芯片识别为 Brown In 并进行开机动作。当输入电压跌落至低于 Brown Out 点一段时间后，芯片识别为 Brown Out 并进行关机动作。

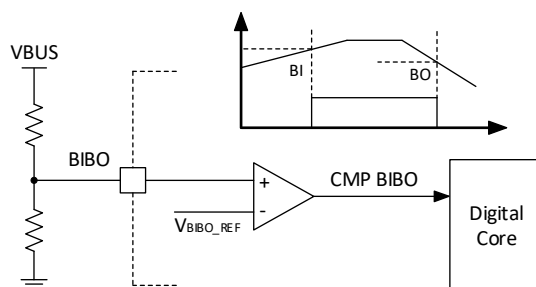


图 7. 输入 Brown In/Out 示意图

ISEN 引脚短路保护

如果 ISEN 采样引脚短路到 GND，芯片无法检测到谐振腔电流信号，驱动始终会维持最大占空比工作，造成电流过大。为了避免 ISEN 短路对整机造成的永久性损坏，芯片设计了智能的 ISEN 引脚短路保护判断逻辑。在固定开通时间内，引脚未达到设定阈值，关闭单次驱动，累计一定次数后关闭驱动，1s 后重启，直到故障消除。

ISEN 逐周期过流和短路保护

NE1182 通过 ISEN 引脚采样到谐振腔电流后，经过两个比较器，分别得到正向和负向的逐周期电流保护。当出现逐周期电流保护比较器翻转后，芯片将关闭对应的驱动信号。于此同时，短路保护计数器会进行计数。当累计的连续的逐周期过流保护次数达到预设值时，系统将执行短路 SCP 保护，关闭驱动。1s 后芯片尝试重启，如果故障未消除，继续保护，直到故障消除。

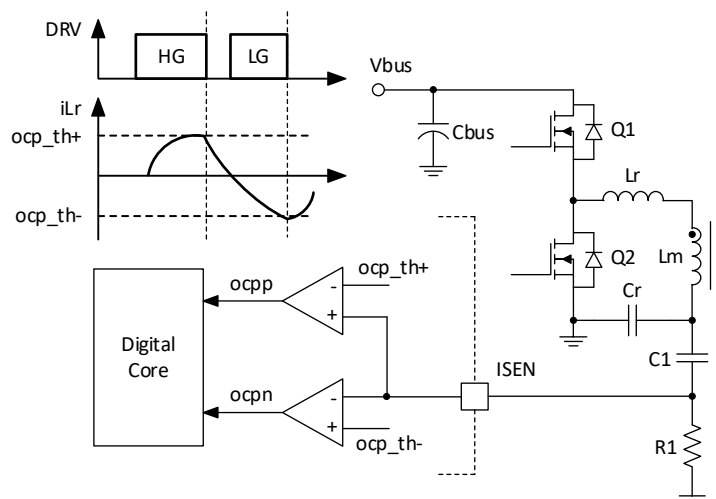


图 8. 逐周期电流保护电路

容性模式保护

为了保证 LLC 的 ZVS 开通，系统需要避免工作在容性区域。NE1182 芯片内部集成有容性模式辨别和保护单元，通过采样谐振腔电流获取到电流极性的信息，经过芯片内部的容性模式识别单元以及驱动产生模块后，生成最终的驱动控制信号，以此为逻辑基础进行容性模式的保护。

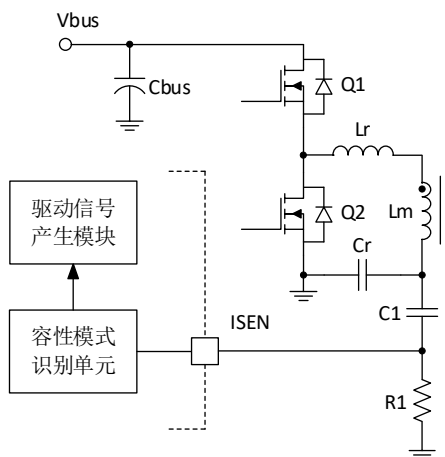


图 9. 容性模式保护电路

FB 过功率保护

NE1182 内置过功率保护 OPP，系统功率超过额定值一定程度时，VFB 电压持续性高于过功率阈值且达到设定时间时，关闭驱动输出，1.6s 以后重启，直到故障清除。

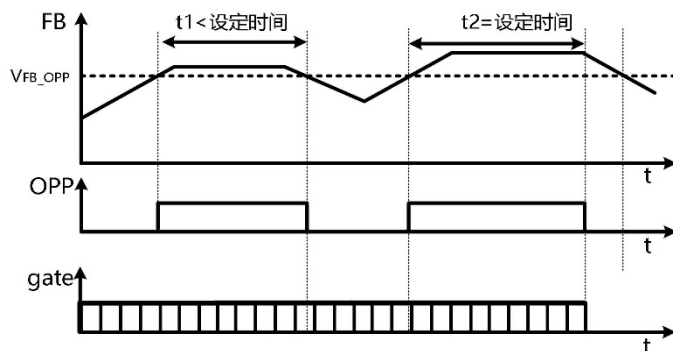


图 10. 过功率保护逻辑

PROT 输出过压和外部过温保护

PROT 引脚同时兼容输出过压保护和外部过温保护。系统上通过辅助绕组接稳压管至 PROT 引脚，当输出电压过压时，辅助绕组耦合的电压过高，导致 PROT 引脚电压高于过压保护阈值（2.5V），芯片内部的过压保护比较器翻转并执行保护关闭驱动。

PROT 引脚在芯片外部连接 NTC 电阻到 GND。芯片内部将启动一个 80uA 的电流源对 PROT 引脚输出。由于正常温度下，外部 NTC 电阻的阻值在 10kΩ 以上，因此，该引脚电压高于过温保护阈值（0.6V）。当温度过高，NTC 电阻值下降时，PROT 引脚的电压将低于过温保护阈值，芯片内的过温保护比较器翻转并关闭驱动。

输出过压保护和外部过温保护可根据版本选择是否锁死，未锁死版本在保护 1s 后重启，直到故障清除；锁死版本重启 3 次后锁死，输入掉电后，VCC 电压掉到 V_{CC_RST} 后放解锁死状态。如果在未达到 3 次计数前，连续 5s 未触发故障，则清除计数。

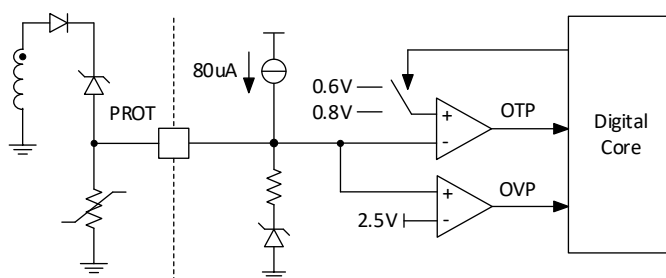
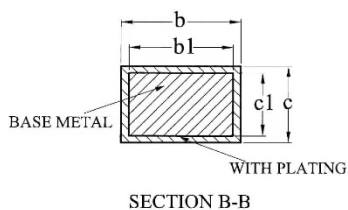
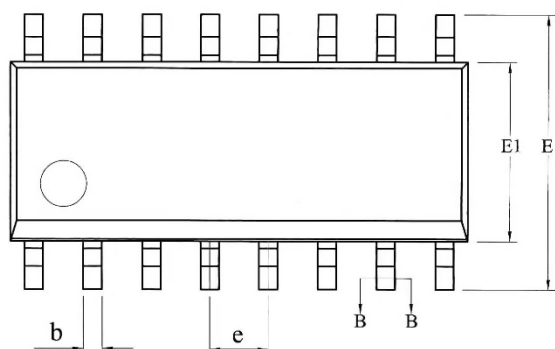
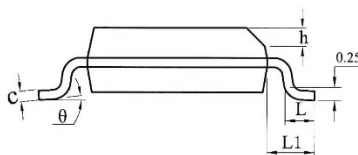
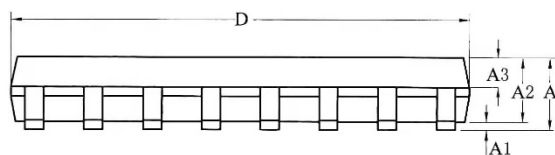


图 11. PROT 输出过压保护和外部过温保护

封装信息

SOP-16



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.75
A1	0.10	—	0.225
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.39	—	0.47
b1	0.38	0.41	0.44
c	0.20	—	0.24
c1	0.19	0.20	0.21
D	9.80	9.90	10.00
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27BSC		
h	0.25	—	0.50
L	0.50	—	0.80
L1	1.05REF		
θ	0	—	8°

说明:

1. 所有标注尺寸单位均为毫米
2. 长度/宽度不包括封装毛边
3. 图纸不是按比例绘制的
4. 当从左到右读顶部标记时, Pin 1 在左下角