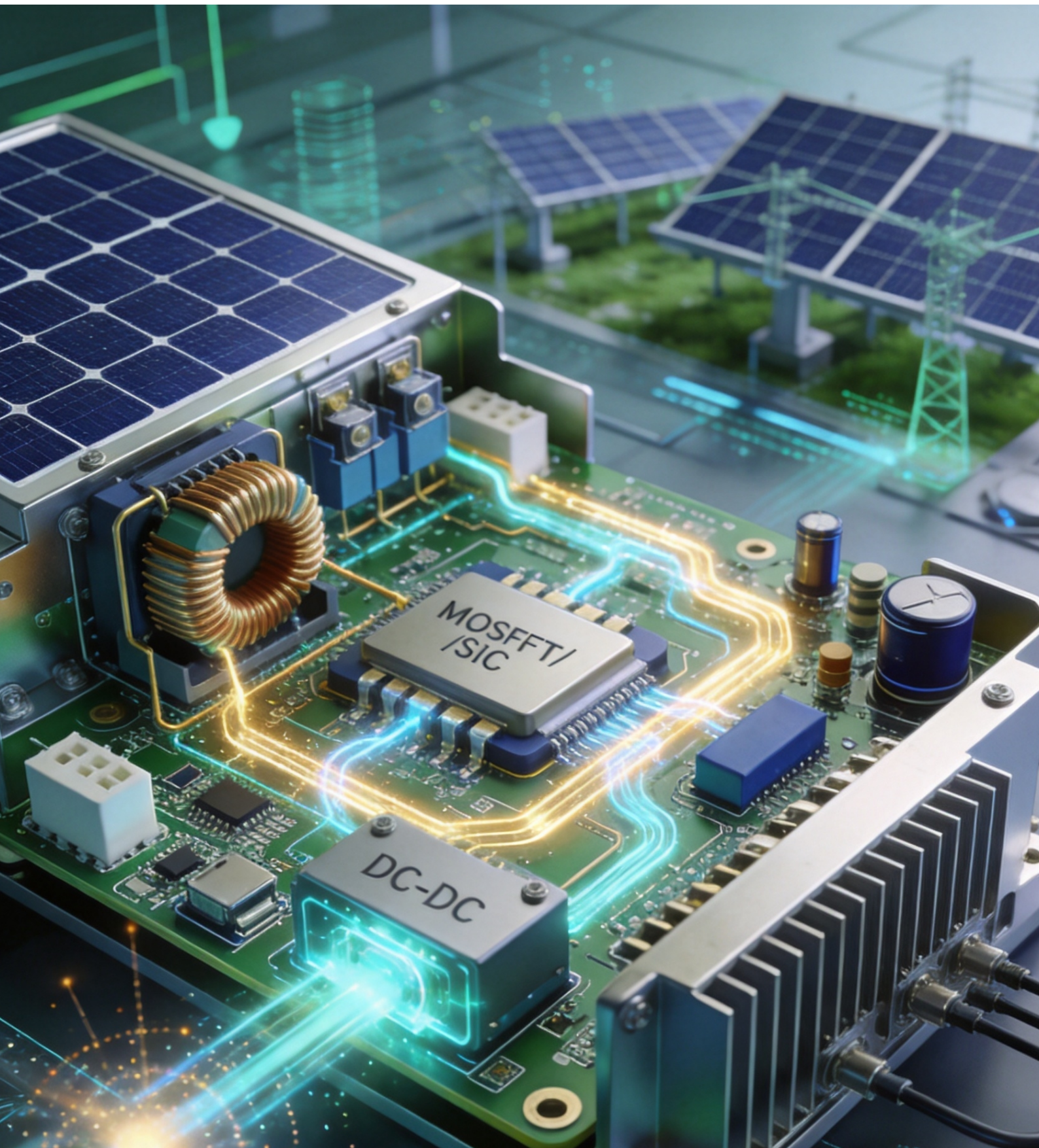


# 光伏优化器主功率拓扑与器件分析

Analysis of Main Power Topology and Devices of Photovoltaic Optimizer



## 1. 光伏优化器说明

优化器首先是一种收益型硬件，提高组件级安全、组件级监控、兼容多样化的逆变器，组件级 DC-DC 变换、MPPT/MSPT 控制、快速关断/安全控制、通讯链路和系统角度的监控平台对接



## 2. 光伏优化器基础标准与痛点

### 2.1 IEC 62109-1:

光伏用电力变换设备的一般安全要求，IEC 官方说明它适用于光伏系统用 PCE，涵盖防触电、火灾、机械等基本安全要求，IEC62109-2 针对具有逆变功能或相关电力变换功能的设备提出进一步要求

### 2.2 UL1741:

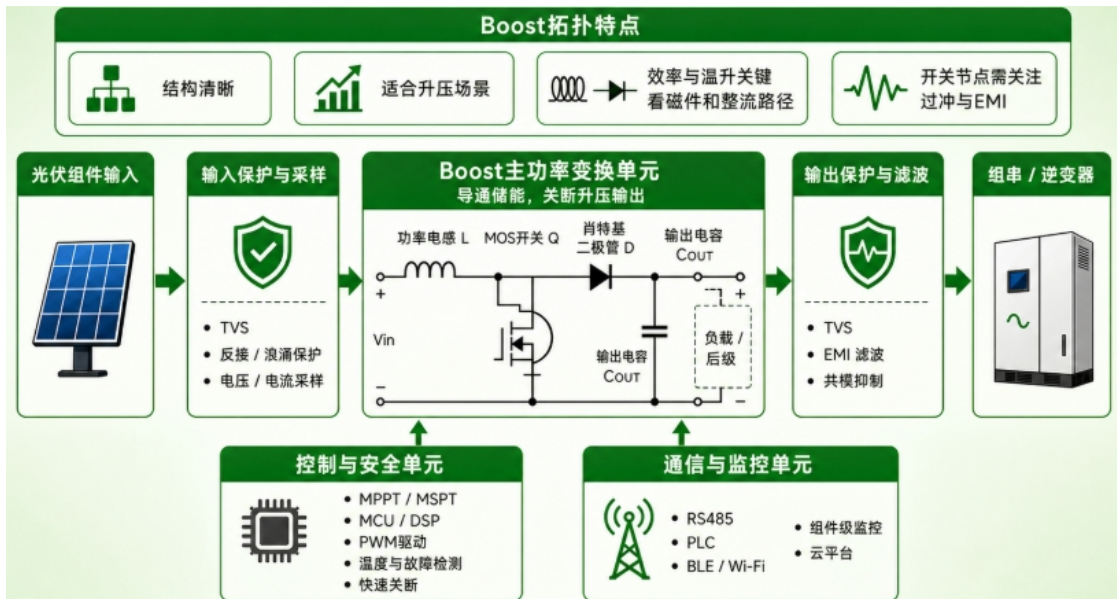
北美市场很重要，UL 说明它适用于分布式能源，IEC 61730-1/61730-2 IEC 官方说明这两部分分别覆盖光伏组件的结构要求和测试要求，NEC690.12 是美国屋顶光伏快速关断的重要要求来源

### 2.3 产品痛点:

阴影遮挡、组件差异化、组件失配导致的发电损失,传统组串架构下，单块组件的异常会拖累整串收益，怎么在高压直流屋顶系统里把安全做扎实，传统系统里故障定位粗，组件级问题难快速发现，运维效率低，优化器行业的一个底层痛点，是功能越来越多，但器件连接器和失效点也越来越多，EMI/EMC 难度越来越高，功率变换、快速关断、通信监控叠加后 EMC 难度明显上升

### 3. 主流拓扑图解与机理分析

#### 3.1 Boost 型优化器拓扑



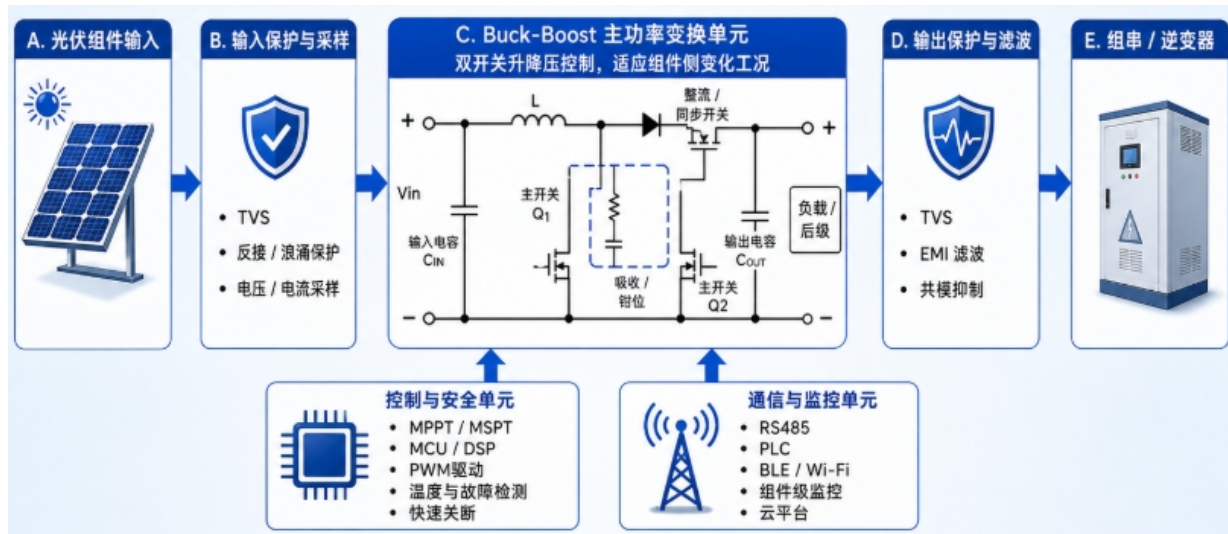
器件位	功能角色	音特可提供
电感 L	储能、决定纹波与动态响应	功率电感
MOS	开关控制	MOS 及栅极保护
二极管/整流器件	续流、输出传能	肖特基
输入保护位	吸收组件侧瞬态	TVS
开关节点	过冲与 EMI 集中点	TVS/吸收/EMC
输出侧	输出异常与浪涌风险	TVS

导通时路径：PV 输入→电感 L→MOS→地

关断时路径：PV 输入+电感 L 储能→二极管/整流路径→输出电容/负载

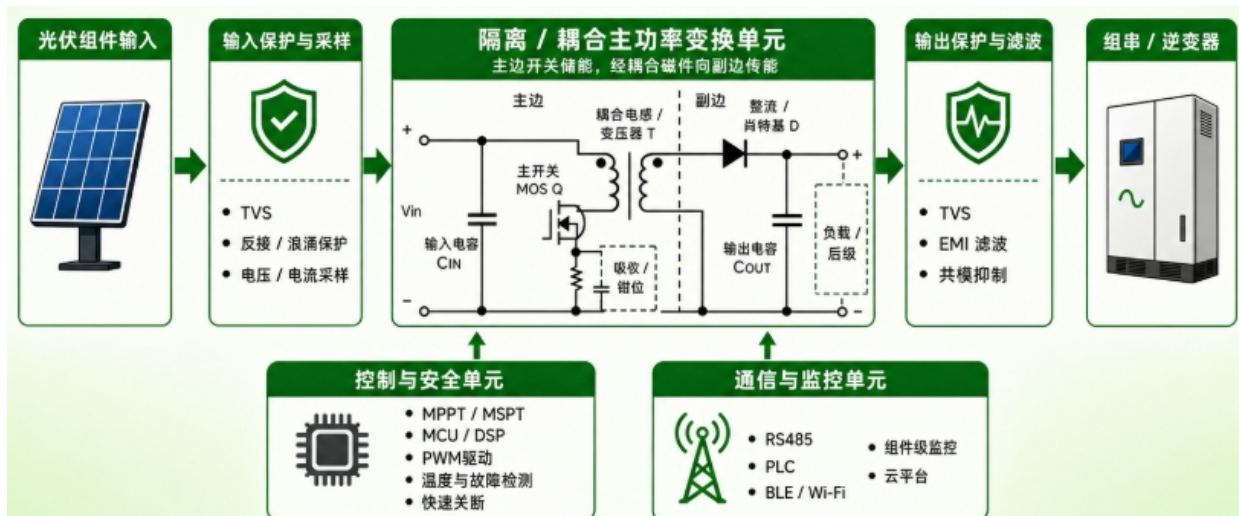
### 3.2 Buck-Boost 型优化器拓扑

Buck-Boost 更适合真实组件场景，可适应升压和降压两类工况



器件位	功能角色	音特可提供
主功率电感	储能、维持升降压变换	功率电感
多个 MOS	组成升降压开关网络	MOS 及栅极保护
整流/续流路径	降损、保证电流连续	肖特基或同步整流相关
输入输出保护位	吸收浪涌与异常	TVS
高频回路	EMI 热点	共模/滤波/吸收器件

### 3.3 隔离型/耦合型优化器拓扑



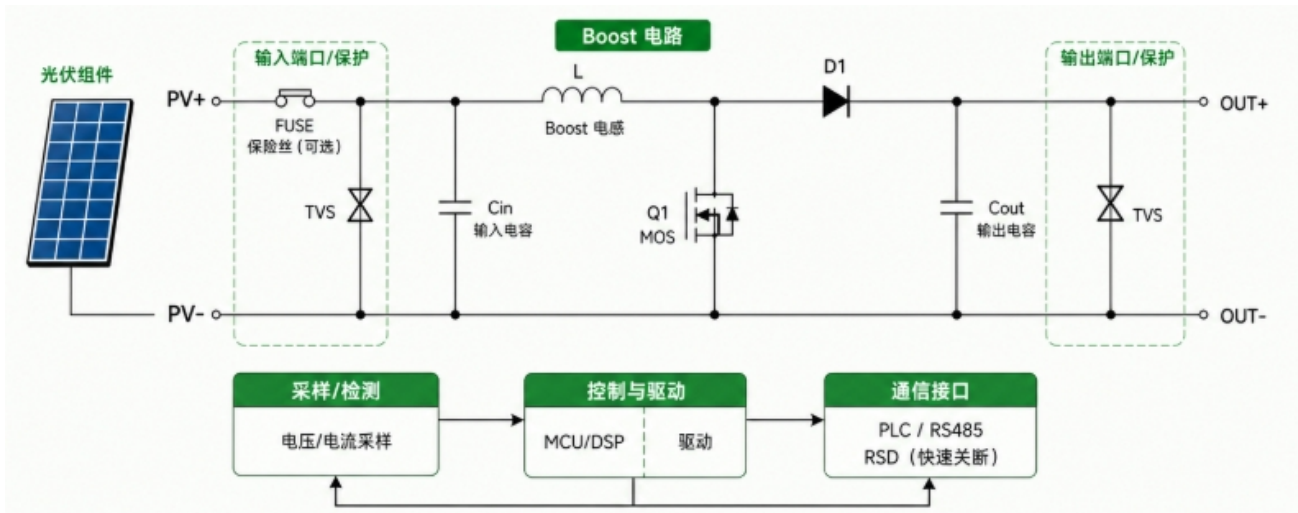
器件位	功能角色	音特可提供
耦合电感/变压器	核心磁件	磁件机会
主开关 MOS	主边能量控制	MOS 及保护
副边整流路径	输出整流/续流	肖特基/整流器件
漏感尖峰吸收位	抑制尖峰和过冲	TVS/吸收网络
输入输出保护位	系统保护	TVS
共模噪声路径	EMC 敏感位	共模电感/滤波器件

### 3.4 三种拓朴的对比

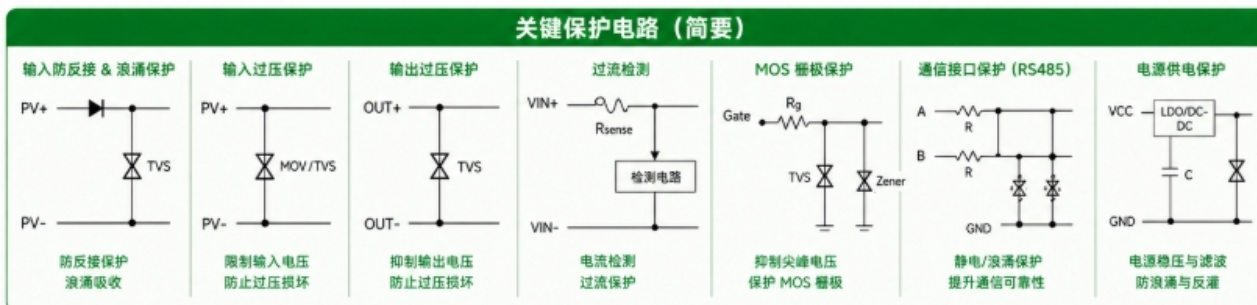
维度	Boost	Buck-Boost	隔离/耦合型
结构复杂度	低	中高	高
工况适应性	中	高	高
器件数量	少	中	多
EMI 难度	中	中高	高
磁件要求	中	中高	高
肖特基机会	高	中高	高
TVS 机会	高	高	很高
电感/磁件机会	高	很高	很高

## 4. 各拓扑对应的保护电路

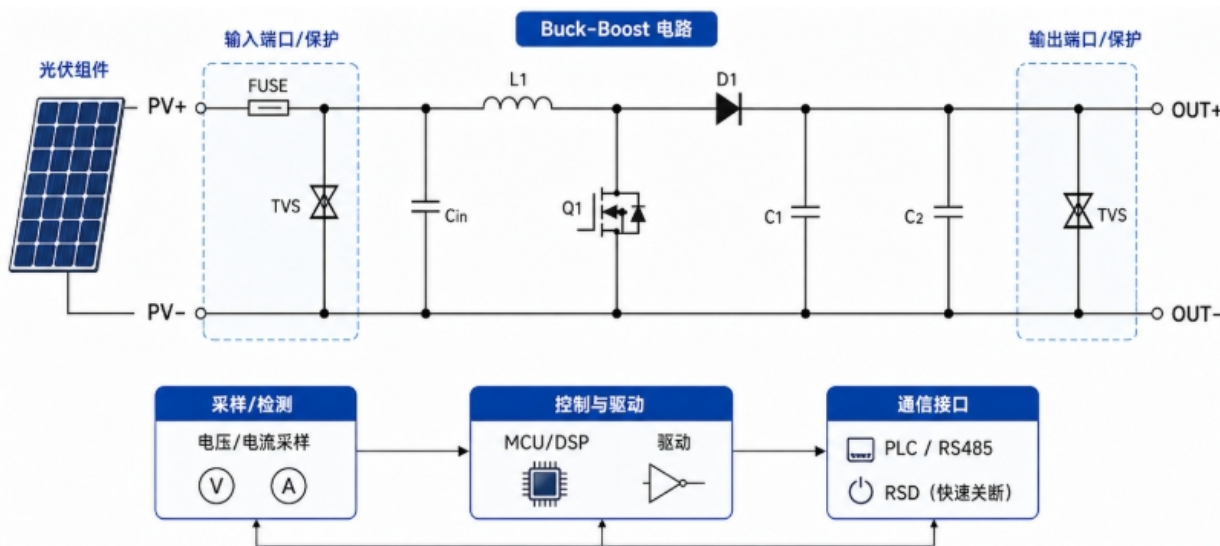
### 4.1 非隔离型 Boost 优化器设置



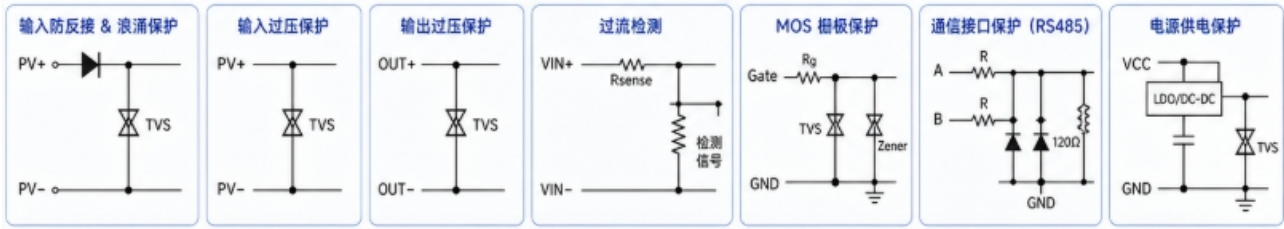
#### 关键保护电路



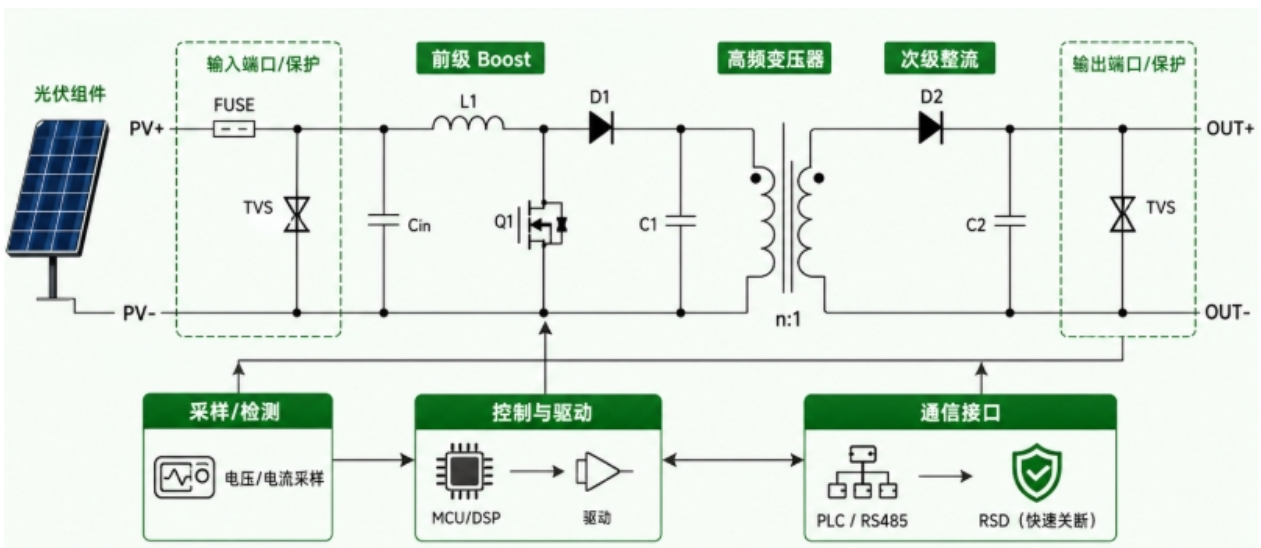
### 4.2 Buck-Boost 优化器电路



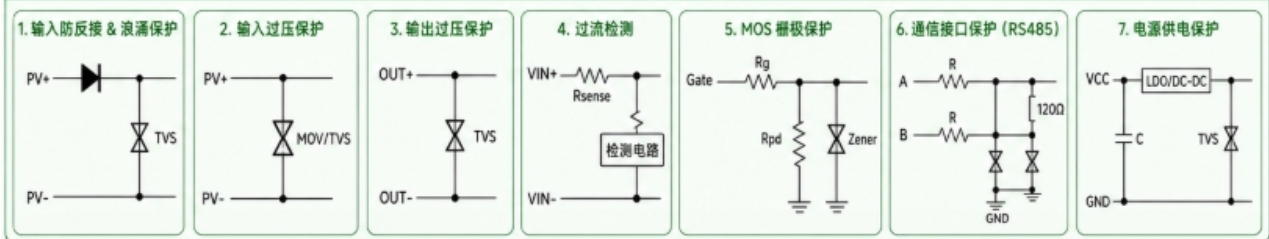
关键保护电路 (简要)



4.3 隔离型/耦合优化器电路



关键保护电路 (简要)



#### 4.4 具体器件对照表

##### 4.4.1 PV 输入/输出保护 TVS

应用位置	推荐型号	适用判断	备注
PV 输入端/48V~60V 级组件侧保护	NR5.0SMDJ75CA	适合偏 48V~60V 级系统的第一版候选	适合先做 Boost 输入端样机比对
PV 输入端/60V~80V 边界更保守方案	NR5.0SMDJ78CA	比 75CA 略往上提一档, 适合希望留更高裕量的候选	可与 75CA 做并行验证
Boost 输出端/90V 级母线保护	NR5.0SMDJ90CA	适合 Boost 输出已抬到约 90V 级母线的候选	适合作为输出端保护首选之一
Buck-Boost/隔离输出端/110V~120V 级保护	NR5.0SMDJ110CA	适合更高输出母线或 120V 级芯片/母线保护候选	适合更高压输出侧使用

建议: 单块组件侧、非隔离 Boost 输入端, 可先从 NR5.0SMDJ75CA / NR5.0SMDJ78CA 两颗里选一颗做样机比较; Boost 输出可先看 NR5.0SMDJ90CA; 隔离/耦合型更高输出端可先看 NR5.0SMDJ110CA

##### 4.4.2 辅助电源/输出侧保护

应用位置	推荐型号	适用判断	备注
输出侧 24V 辅助电源	SMDJ24CA / 1.5KE35CA	适合辅助电源或 24V 控制支路	用于控制/通信支路更合适
输出侧 5V 辅助电源	SMBJ6.0CA	适合 5V 供电口浪涌保护	可配合 LDO/DC-DC 输入端使用
输出侧 3.3V 逻辑供电	ESD3V3D3B	适合 3.3V 低压轨保护	适合 MCU/采样/低压逻辑电源
5V 低压静电保护	ESD5V0D3B	适合 5V 低压静电/插拔保护	适合调试口、辅助接口、电源小支路

##### 4.4.3 RS485/通信接口保护

应用位置	推荐型号	适用判断	备注
RS485 差分口 TVS	ESDSM712	作为 RS485 主保护器件, 优先级高	建议放在接口侧近端
RS485 共模抑制	CML3225A-510T	适合作为通信链路共模抑制候选	用于抑制长线缆共模骚扰
RS485 增强过流保护	PPTC SMD1812-010-60V	户外或长线缆环境可增加	增强异常接线与浪涌后的自恢复能力

建议组合: ESDSM712 + CML3225A-510T + PPTC SMD1812-010-60V, 适合先做优化器通信样机

##### 4.4.4 低压信号/调试/监控接口保护

应用位置	推荐型号	适用判断	备注
低压信号线/调试口	ESD5V0D3B	通用、稳妥, 适合 5V 类小信号接口	适合 MCU 调试口、低速 IO
更偏高速/低电容接口	NRESDLLC5V0D25B	适合更看重低电容的接口	适合监控/高速信号侧
5V 多线接口	ESDSRVLC05-4	适合多线接口保护	适合多线小信号或数据接口

#### 4.4.5、具体情况具体推荐

器件类别	当前建议	原因	参考值
主功率电感	先按电感值、Isat、Irms、DCR、温升筛选	现有规则库未按功率等级沉淀具体型号	Boost / Buck-Boost 主功率电感库
耦合电感/变压器	先按匝比、漏感、磁芯、温升筛选	隔离/耦合型需按具体功率级定制或专门筛选	耦合磁件/变压器库
主功率 MOS	先按 Vds、Id、Rds(on)、Qg、热阻筛选	规则库暂无按拓扑/功率段细分的 MOS 型号库	高压主功率 MOS 库
MOS 栅极保护器件	先按栅电阻+Zener/TVS+吸收网络设计	暂无专门的栅极保护器件型号沉淀	MOS 栅极保护专用料库



### 公司总部(华东地区)

中国上海市松江区广富林东路 199 号启迪漕河泾(中山)科技园水木园 9 幢 4 层

Floor 4, No.9 Building, Tus-Caohejing (Zhongshan) Science Park No.199, East Guangfulin Road Songjiang District, Shanghai, China

Tel: +86-21-22817269

Fax: +86-21-67689607

Email: sales@yint.com.cn



### 工厂地址

安徽省芜湖市湾沚区科创二路 17 号

No.17 Kechuang 2nd Road, Wanzhi District, Wuhu, Anhui Province, China



### 华北地区

北京市昌平区黄平路 19 号院龙旗广场 D 座 10 层 1001 室

Room 1001, 10/F, Building D, No. 19 Longqi Plaza, Huangping Road, Changping District, Beijing

Tel: 013661308320

Fax: 010-63364844

Email: sales@yint.com.cn



### 西南地区

重庆市南岸区同景路 5 号同景国际广场 A2 栋 23-1

Room 23-1, Building A2, Tongjing International Plaza, No.5 Tongjing Road, Chayuan Area, Nanan District, Chongqing

Tel: 023-62948995 ; 13101384835

Fax: 023-62937530

Email: cq@yint.com.cn



### Office in Poland

ul. Rdestowa 53d, 81-577 Gdynia, Poland

Tel: +48 58 622-89-00

E-mail: maritex@maritex.com.pl

aktywne@maritex.com.pl