

SiC

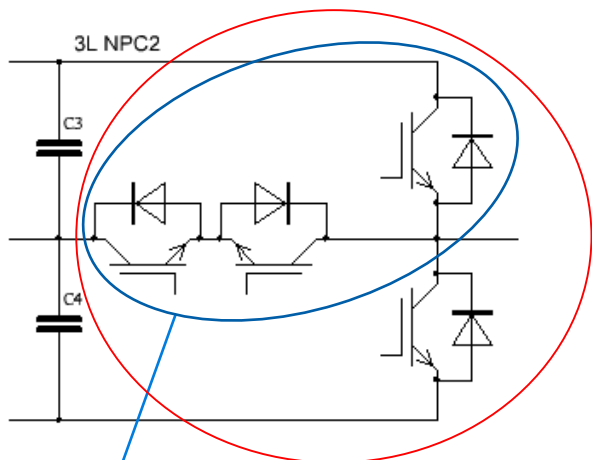
基本半导体产品在125kW 工商业储能PCS中的应用

Rev. 1.1.1

2024/12/17



T型三电平拓扑--IGBT



分立器件方案

IGBT分立器件



封装: TO-247Plus-3
横管: IGBT 650V/150A
竖管: IGBT 1200V/150A

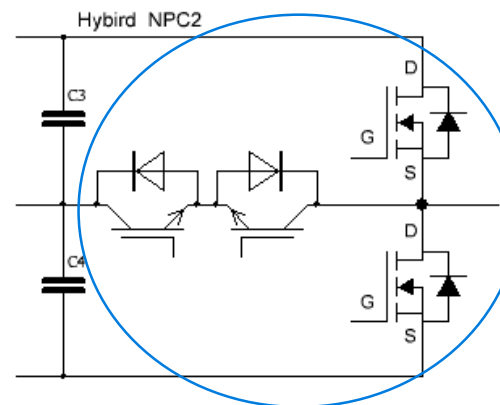
模块方案

T型三电平IGBT模块



封装: EconoPACK4
规格: 1200V/400A

T型三电平拓扑--混合器件

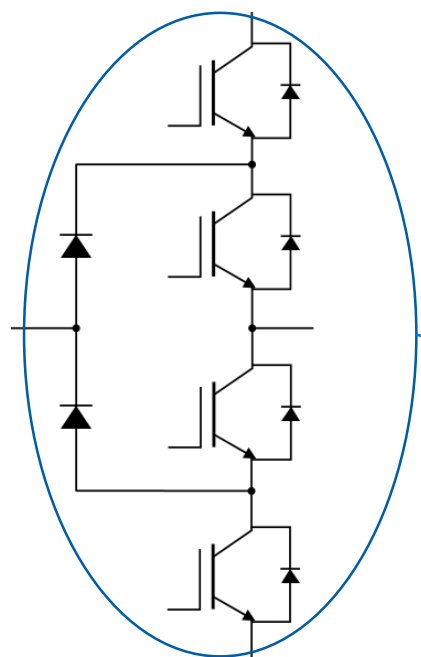


T型三电平混合
IGBT+SiC MOSFET模块



封装: E2B
规格: 1200V/200A

I型三电平拓扑--IGBT

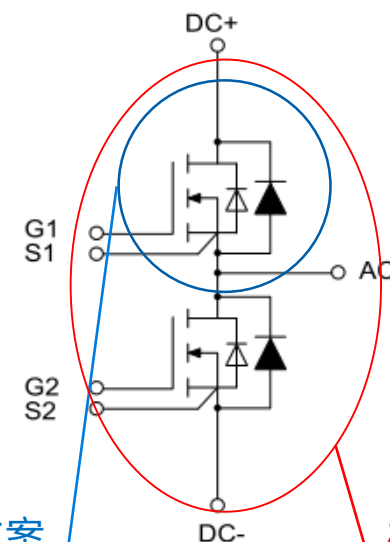


I型三电平IGBT模块



封装: E2B
规格: 650V/200A

半桥两电平拓扑-- SiC MOSFET



分立器件方案

模块方案

SiC MOSFET分立器件

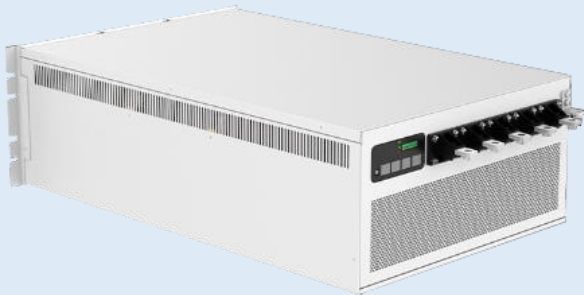


封装: TO-247-4
规格: 1200V/30mR或
1200V/20mR

SiC MOSFET半桥模块



封装: E2B
规格: 1200V/5.5mR



IGBT机型

尺寸：780x220x485mm



SiC MOSFET机型

尺寸：680x220x520mm

一、重磅发布

基于12年对工商业储能的深刻洞察，盛弘股份秉持**灵活、稳定、兼容**的产品特性，在苏州正式发布新一代工商业模块化储能变流器——**PWS1-125M**，从用户真实需求出发，通过技术突破，创造性地解决行业传统方案的痛点，为行业创造价值，驱动市场发展。

从进步，到进化，盛弘本次发布的PWS1-125M，采用第三代半导体碳化硅作为核心功率器件，**为全球首款碳化硅版本工商业模块化储能变流器。**碳化硅器件具备耐高压、耐高温、体积小、响应速度快等特点，使得PCS在额定功率工况下，**平均效率提升1%+**，模块功率密度整体**提升25%+**。

三、解决方案

1、储能一体柜

现阶段，工商业储能系统主流解决方案大多为All in one储能一体柜，市场方案配置主要以100kW/200kWh为主，通过搭载盛弘125Kw PCS，结合市场大安时电芯的普及，一体柜可以进化为125kW/250kWh，**1MW/2MWh储能系统仅需8台一体柜**，显著提升能量密度，**可降低5%的系统初始成本，将投资回报周期缩短2-4个月。**

※ 信息来源盛弘官网

01

SiC MOSFET半桥E2B模块BMF240R12E2G3应用在125kW工商业PCS中的仿真数据



仿真条件--BMF240R12E2G3不并联用于125kW 三相四线PCS

- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下， PCS整流和逆变三相四桥拓扑中E2B模块1倍负载(125kW)MOS的损耗和结温。
- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下， PCS整流和逆变三相四桥拓扑中E2B模块1.1倍负载(137.5kW)MOS的损耗和结温。
- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下， PCS整流和逆变三相四桥拓扑中E2B模块1.2倍负载(150kW)MOS的损耗和结温。

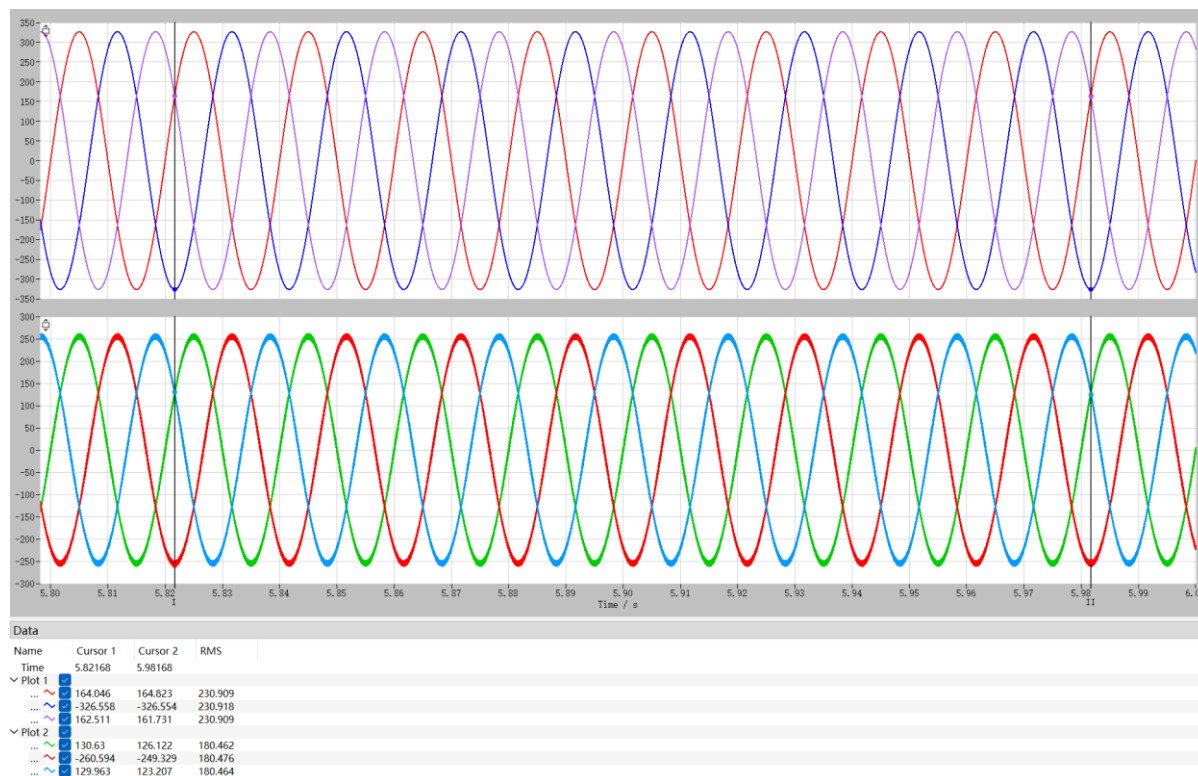
模块型号	拓扑	直流母线电压 Vdc(V)	交流母线电压 Vac(V)	额定输出功率 (kW)	载频fsw (kHz)	导热硅脂厚度 (um)	导热硅脂导热系数 (W/mK)	散热器最高温度 (℃)
BMF240R12E2G3	三相四桥	900	400	125/137.5/150	32/36/40	100	3	65/70/80

-

- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下，PCS拓扑中E2B模块1倍负载(125kW)MOSFET的损耗和结温。
- 在相同的开关频率下，随着散热器的温度升高，MOSFET的开关损耗反而在下降，一定程度上抵消了导通损耗的增加，使得总损耗变化不明显，这是BASiC模块BMF240R12E2G3本身固有的优秀特性带来的结果。

型号	载频fsw(kHz)	散热器温度(℃)	导通损耗(W)	开关损耗(W)	总损耗(W)	最高结温(℃)
BMF240R12E2G3	32	65	99.4	100.4	199.9	106.9
	36		100.3	112.7	213.1	109.7
	40		101.1	124.9	226	112.5
	32	70	101.2	99.6	200.8	112.1
	36		102	111.8	213.8	114.8
	40		102.8	123.9	226.7	117.5
	32	80	112.7	84	196.7	122.3
	36		105.4	110	215.5	125
	40		106.2	121.9	228.1	127.7

BMF240R12E2G3--100%负载（整流）仿真波形



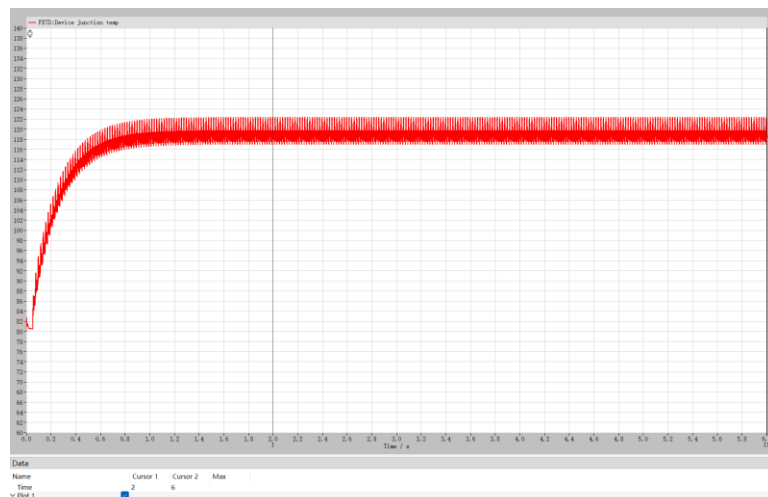
交流电压电流波形



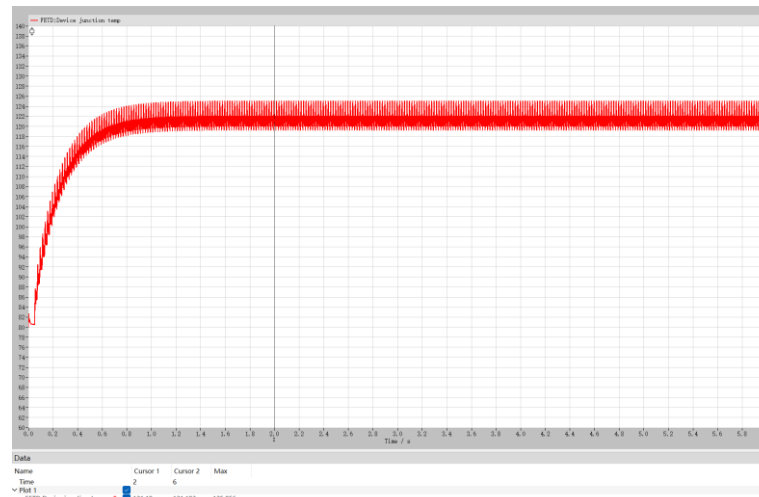
功率数据



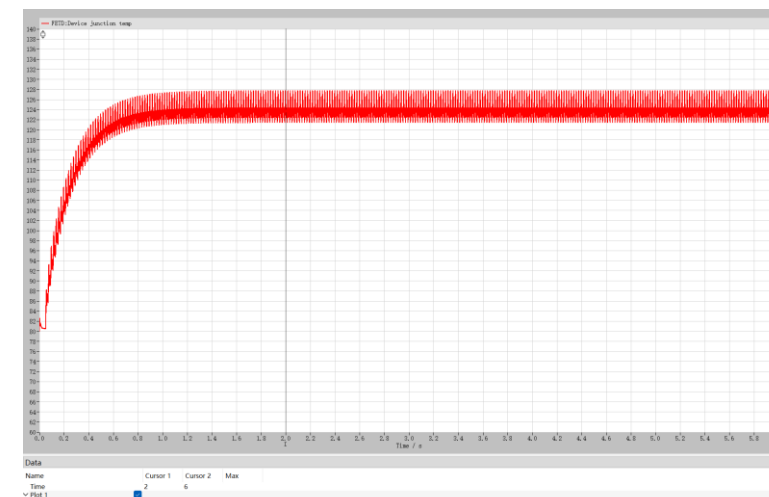
BMF240R12E2G3--100%负载（整流）32kHz~40kHz-80℃仿真波形



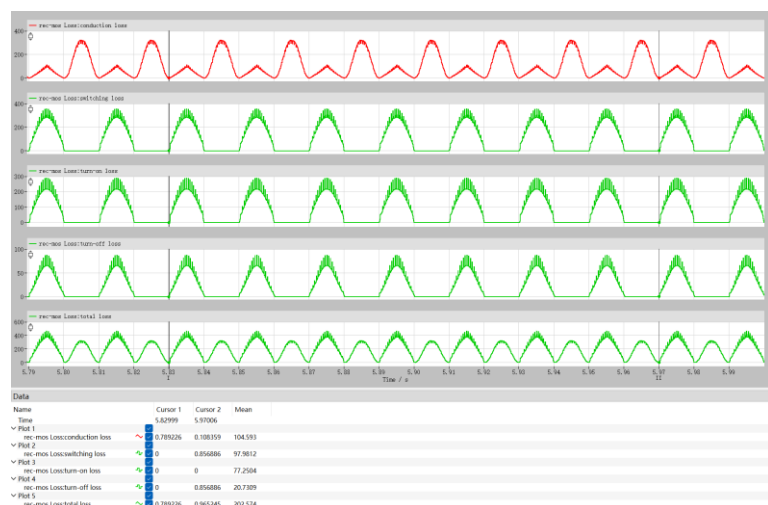
32kHz 结温数据



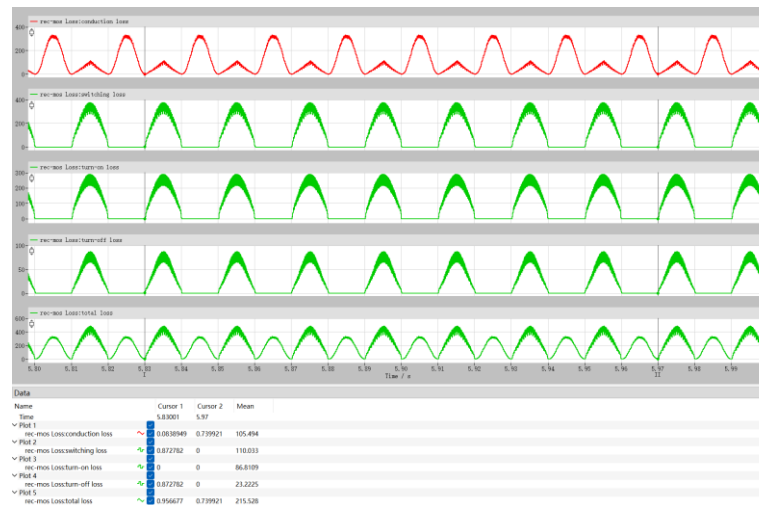
36kHz 结温数据



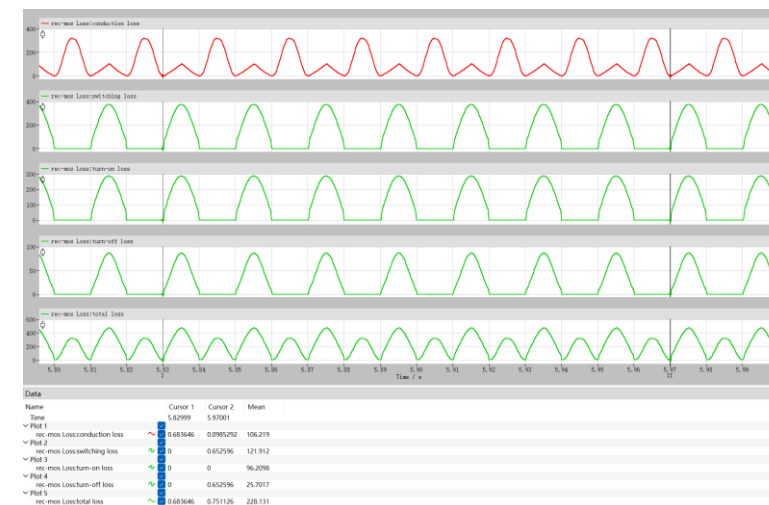
40kHz 结温数据



32kHz 损耗数据



36kHz 损耗数据

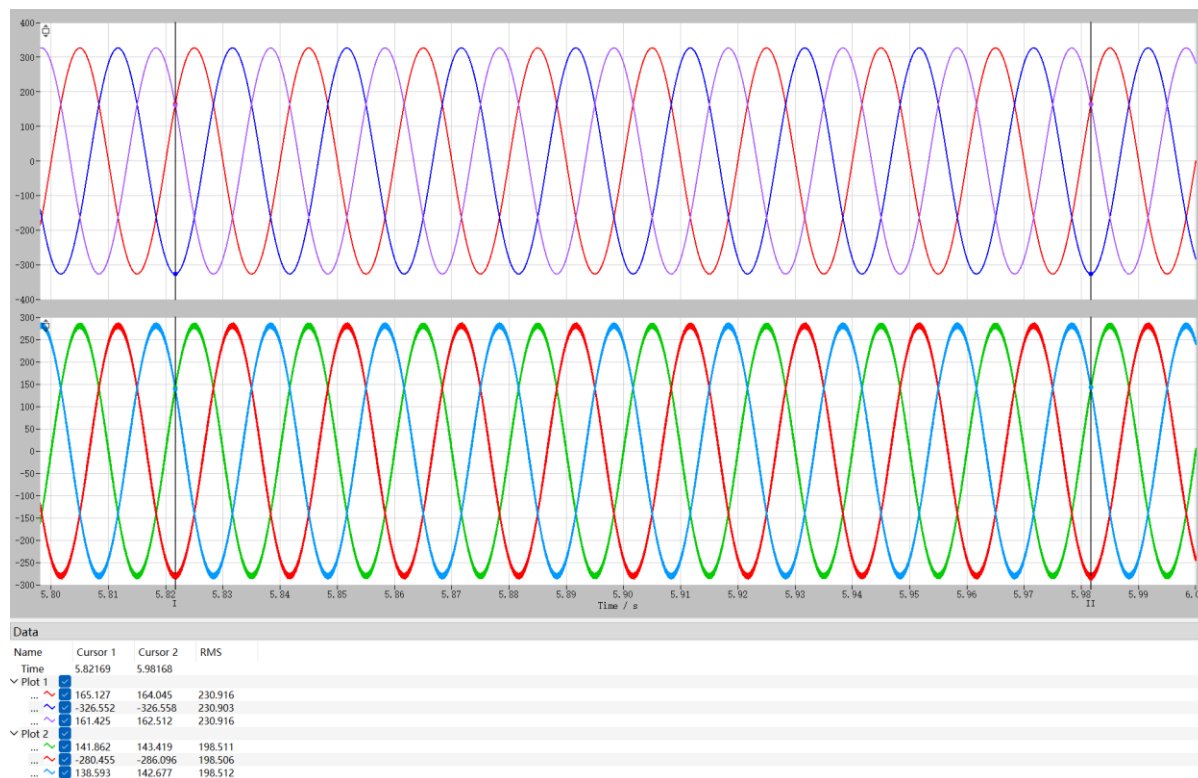


40kHz 损耗数据

- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下，PCS拓扑中E2B模块1.1倍负载(137.5kW)MOS的损耗和结温。
- 在相同的开关频率下，随着散热器的温度升高，MOSFET的开关损耗反而在下降，一定程度上抵消了导通损耗的增加，使得总损耗变化不明显，这是BASiC模块BMF240R12E2G3本身固有的优秀特性带来的结果。

型号	载频fsw(kHz)	散热器温度(℃)	导通损耗(W)	开关损耗(W)	总损耗(W)	最高结温(℃)
BMF240R12E2G3	32	65	121.8	109.5	231.4	113.3
	36		123	122.9	245.9	116.3
	40		124	136.1	260.1	119.3
	32	70	123.9	108.6	232.5	118.4
	36		125	121.8	246.9	121.4
	40		126	134.9	261	124.4
	32	80	128.1	106.8	234.9	128.8
	36		129.1	119.8	248.9	131.7
	40		130.1	132.6	262.8	134.6

BMF240R12E2G3--110%负载（整流）仿真波形



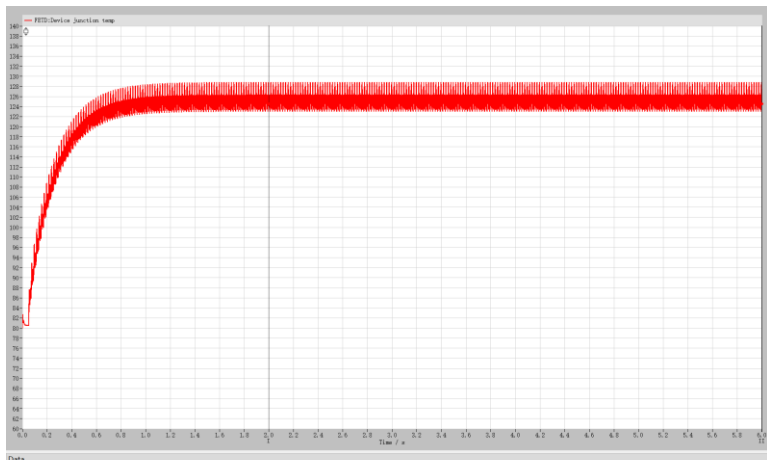
交流电压电流波形



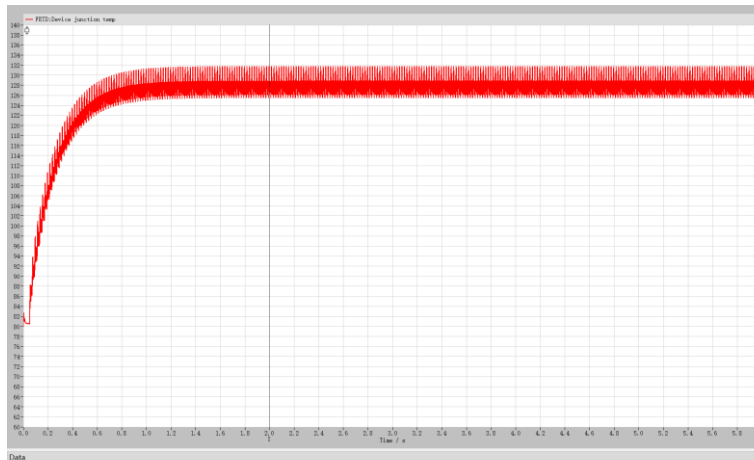
功率数据



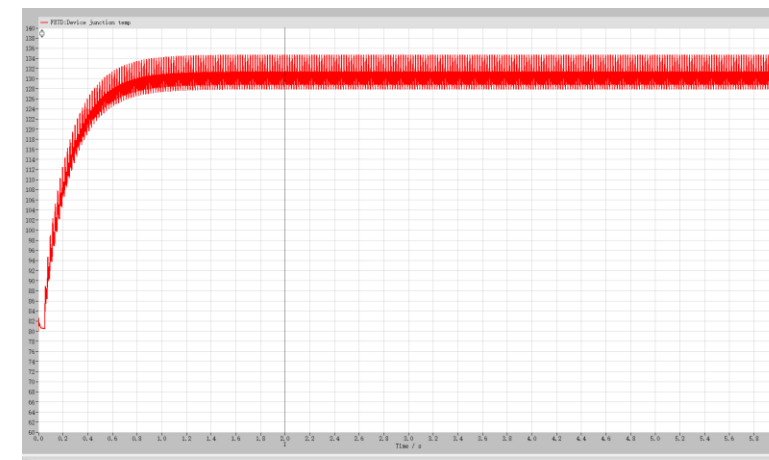
BMF240R12E2G3--110%负载（整流）-32kHz~40kHz-80℃仿真波形



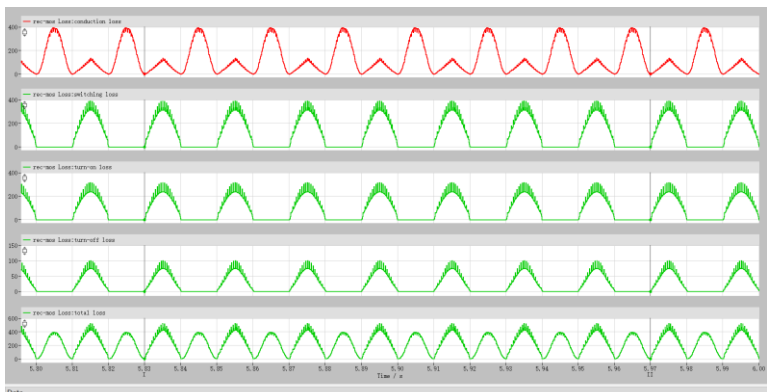
32kHz 结温数据



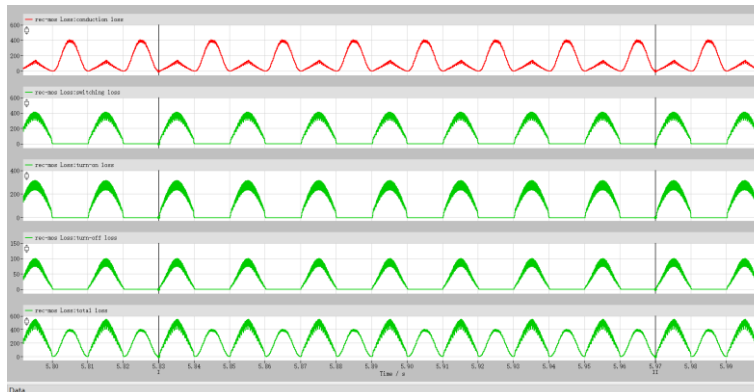
36kHz 结温数据



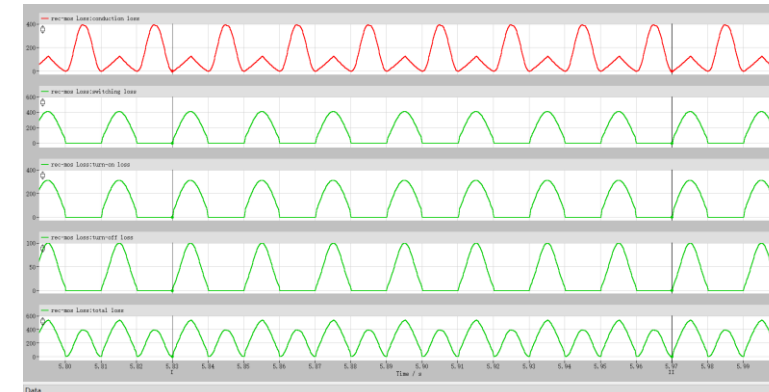
40kHz 结温数据



32kHz 损耗数据



36kHz 损耗数据

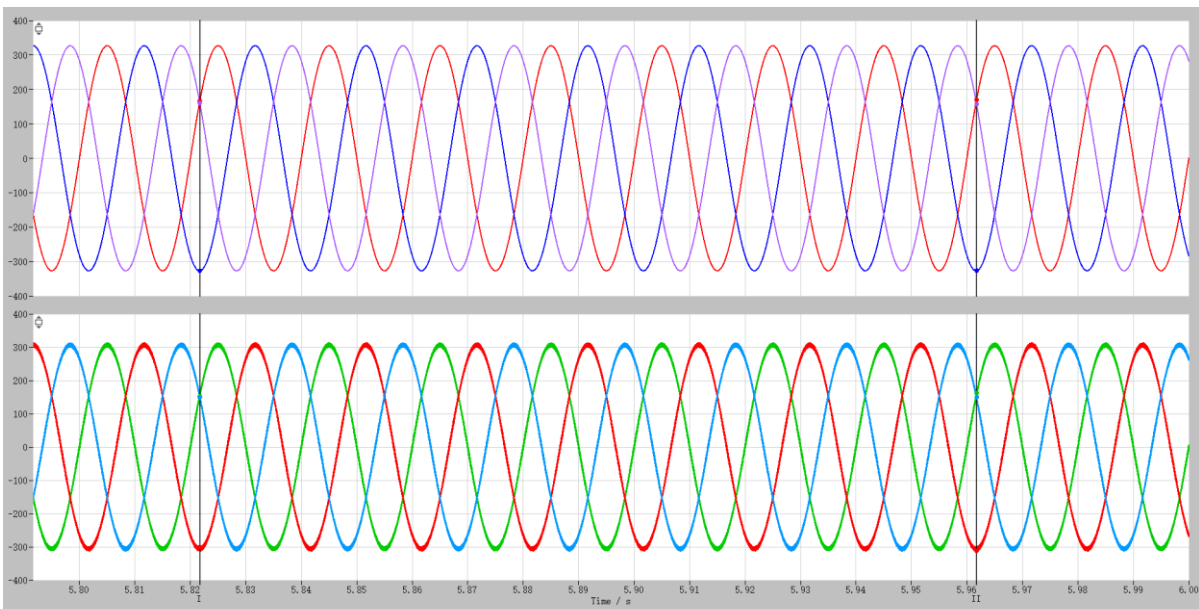


40kHz 损耗数据

- 不同工况下的结温、损耗对比：
- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下，PCS拓扑中E2B模块1.2倍负载(150kW)MOS的损耗和结温。

型号	载频fsw(kHz)	散热器温度(℃)	导通损耗(W)	开关损耗(W)	总损耗(W)	最高结温(℃)
BMF240R12E2G3	32	65	147	118.6	265.6	120.1
	36		148.4	132.9	281.4	123.4
	40		149.8	147.1	296.9	126.7
	32	70	149.5	117.5	267.1	125.3
	36		150.9	131.7	282.7	128.6
	40		152.1	145.7	297.9	131.8
	32	80	154.3	115.4	269.8	135.7
	36		155.7	129.3	285.1	138.9
	40		157	143.1	300.2	142.1

BMF240R12E2G3--120%负载（整流）仿真波形



Data			
Name	Cursor 1	Cursor 2	RMS
Time	5.8217	5.96174	
Plot 1			
...	166.163	169.564	230.897
...	-326.542	-326.477	230.944
...	160.379	156.913	230.895
Plot 2			
...	152.043	161.634	216.537
...	-300.244	-311.692	216.587
...	148.201	150.058	216.535

交流电压电流波形

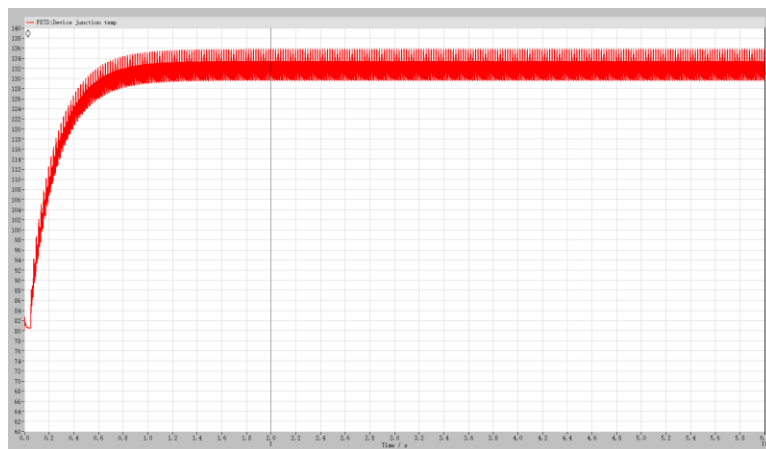


Data			
Name	Cursor 1	Cursor 2	Mean
Time	2	4	
Plot 1			
...	149980	149980	150002
Plot 2			
...	404.878	404.878	-1.97461

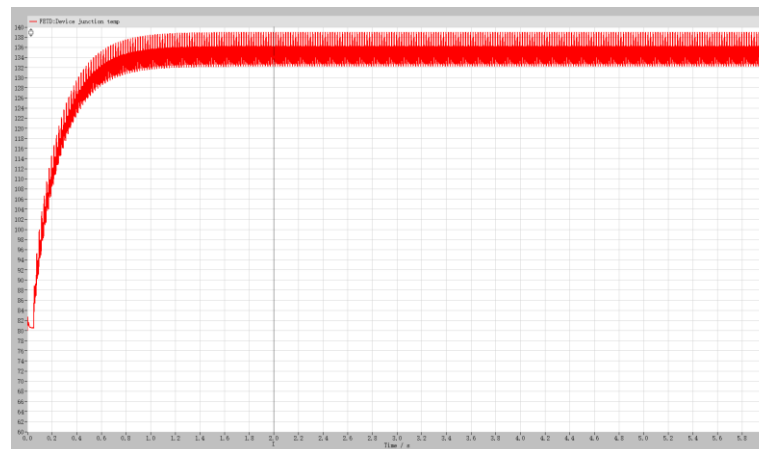
功率数据



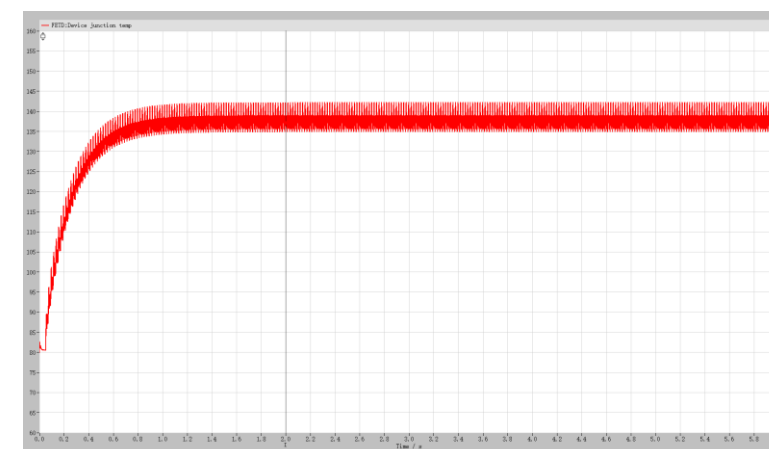
BMF240R12E2G3--120%负载（整流）-32kHz~40kHz-80℃仿真波形



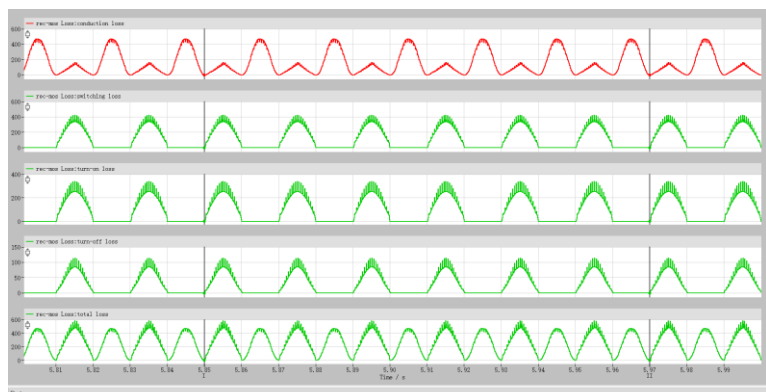
32kHz 结温数据



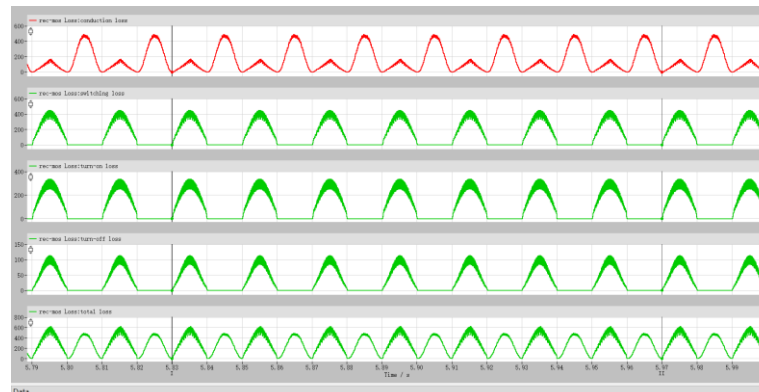
36kHz 结温数据



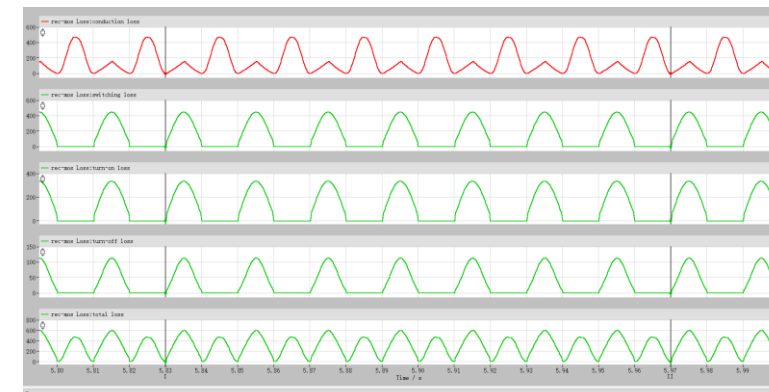
40kHz 结温数据



32kHz 损耗数据



36kHz 损耗数据



40kHz 损耗数据

结温和损耗仿真数据--100%负载（逆变）

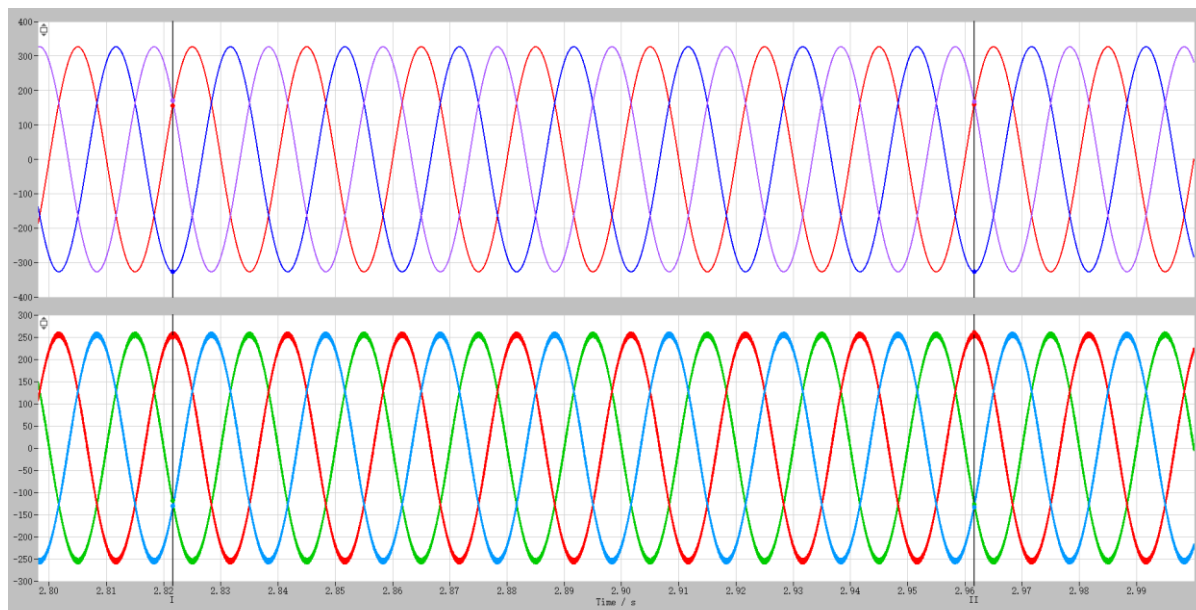
- 不同工况下的结温、损耗对比：
- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下，PCS拓扑中E2B模块1倍负载(125kW)MOS的损耗和结温。

型号	载频fsw(kHz)	散热器温度(℃)	导通损耗(W)	开关损耗(W)	总损耗(W)	最高结温(℃)
BMF240R12E2G3	32	65	106.1	100	206.1	111
	36		106.8	112.2	219	113.8
	40		107.5	124.4	231.9	116.6
	32	70	107.6	99.2	206.8	116.1
	36		108.2	111.3	219.5	118.9
	40		109	123.4	232.4	121.6
	32	80	110.5	97.6	208.1	126.4
	36		111.1	109.6	220.8	129.1
	40		112.1	124.2	236.4	131.8

※此报告为理论仿真结果，仅供参考，实际以客户端台架结温测试结果为准。

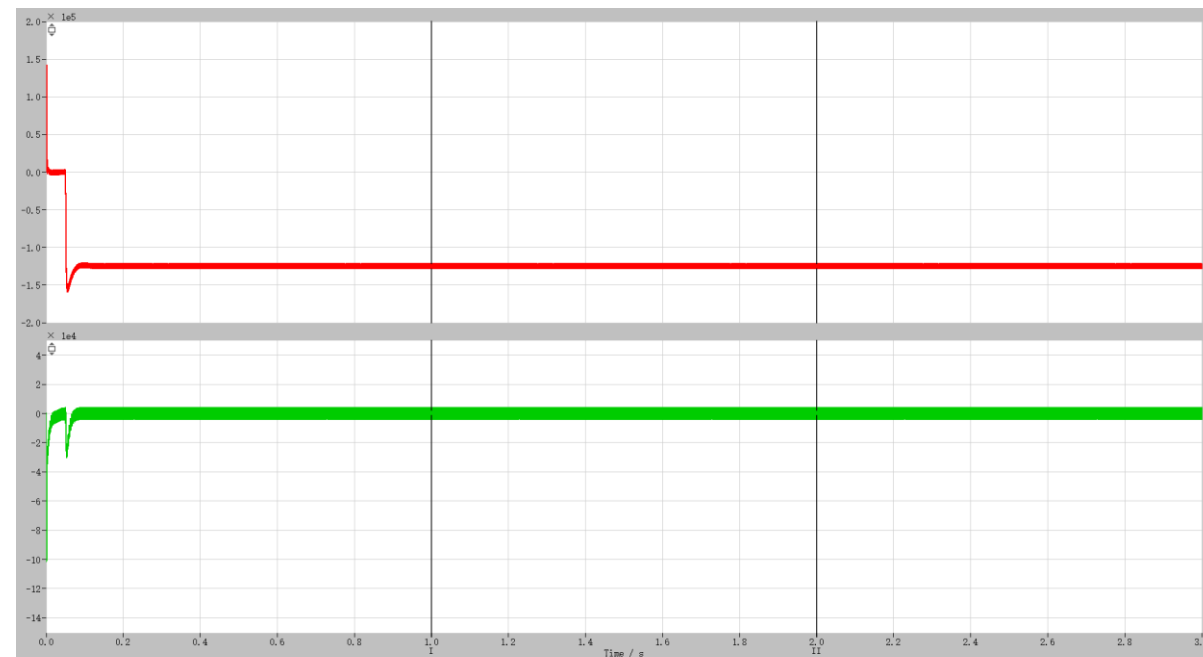


BMF240R12E2G3--100%负载（逆变）-125kW仿真波形



Data			
Name	Cursor 1	Cursor 2	RMS
Time	2.82158	2.96162	
Plot 1			
...	155.666	159.252	230.894
...	-326.442	-326.526	230.945
...	170.777	167.274	230.897
Plot 2			
...	-118.682	-127.421	180.446
...	249.33	260.801	180.49
...	-130.648	-133.38	180.454

交流电压电流波形

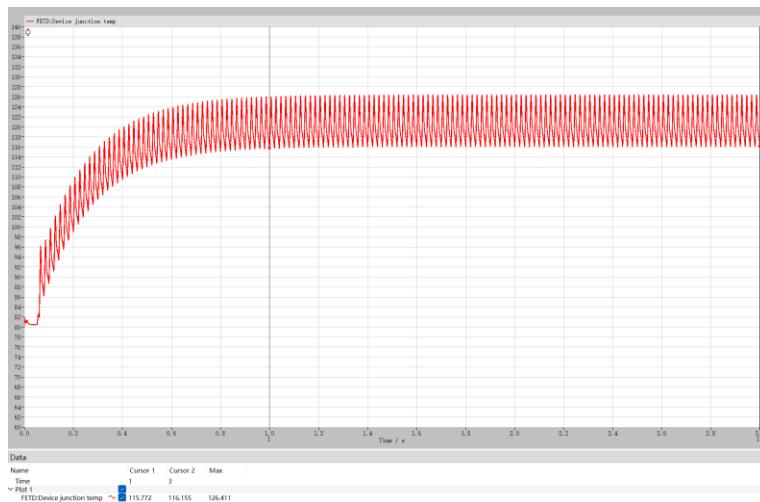


Data			
Name	Cursor 1	Cursor 2	Mean
Time	1	2	
Plot 1			
...	-124984	-124984	-124999
Plot 2			
...	349.666	349.666	-1.5748

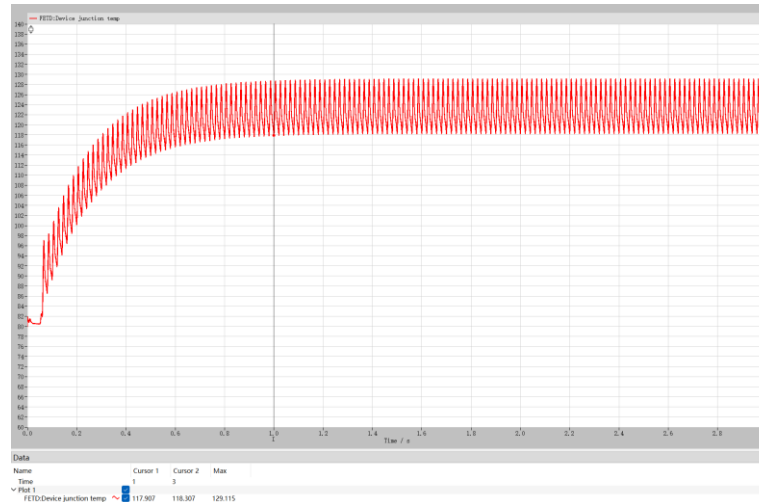
功率数据



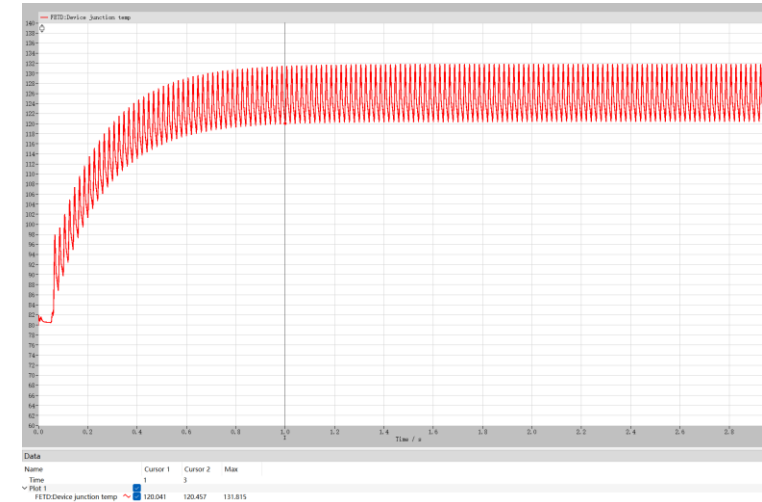
BMF240R12E2G3--100%负载（逆变）-32kHz~40kHz-80℃仿真波形



32kHz 结温数据



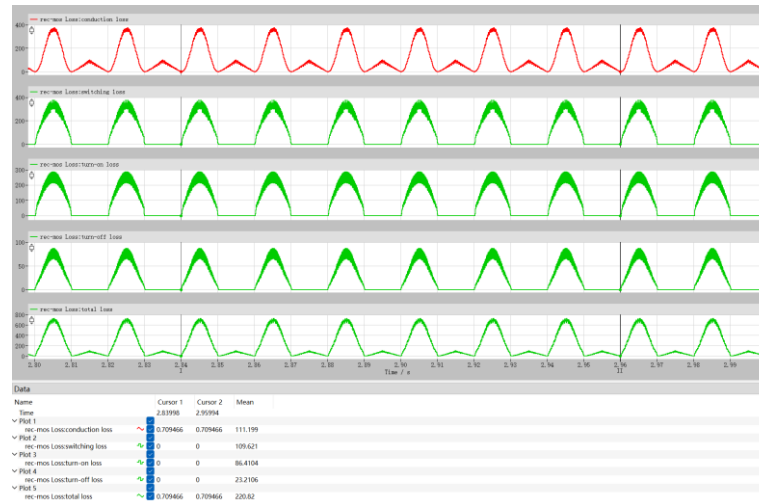
36kHz 结温数据



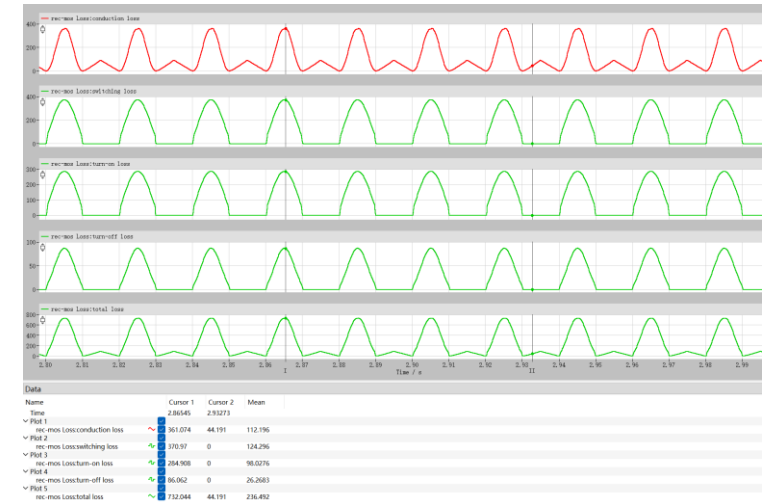
40kHz 结温数据



32kHz 损耗数据



36kHz 损耗数据



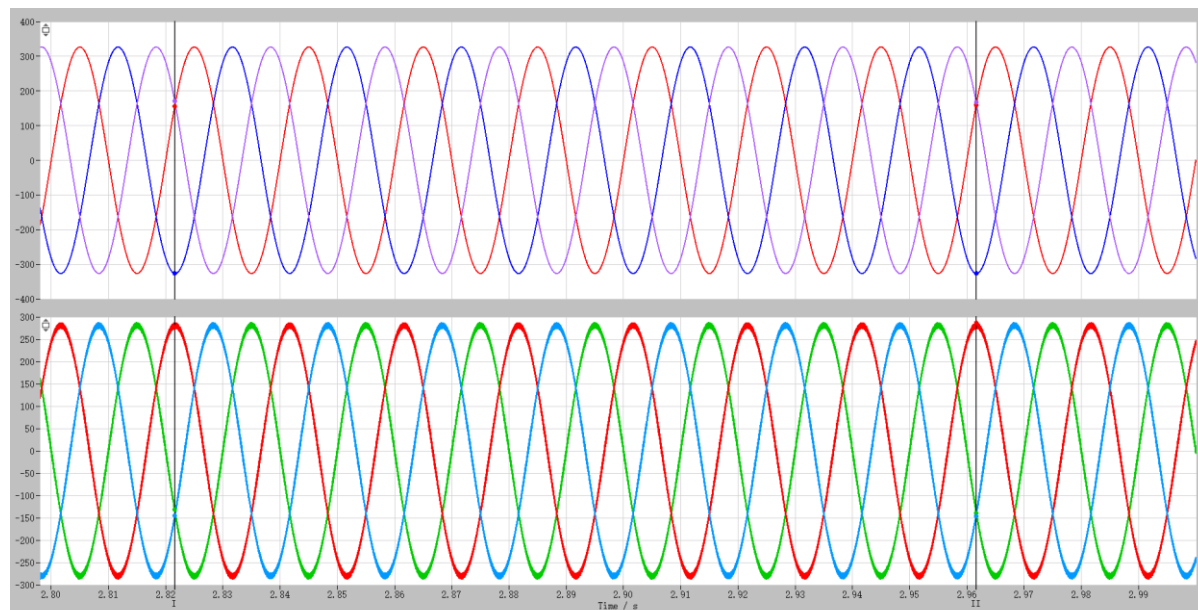
40kHz 损耗数据

- 不同工况下的结温、损耗对比：
- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下，PCS拓扑中E2B模块1.1倍负载(137.5kW)MOS的损耗和结温。

型号	载频fsw(kHz)	散热器温度(℃)	导通损耗(W)	开关损耗(W)	总损耗(W)	最高结温(℃)
BMF240R12E2G3	32	65	131	108.9	240	118.5
	36		131.9	122.2	254.2	121.5
	40		132.9	135.3	268.3	124.5
	32	70	132.8	108	240.8	123.6
	36		133.7	121.2	254.9	126.6
	40		134.6	134.1	268.8	129.6
	32	80	136.3	106.2	242.6	133.9
	36		137.2	119.1	256.4	136.9
	40		138.1	131.9	270.1	139.8

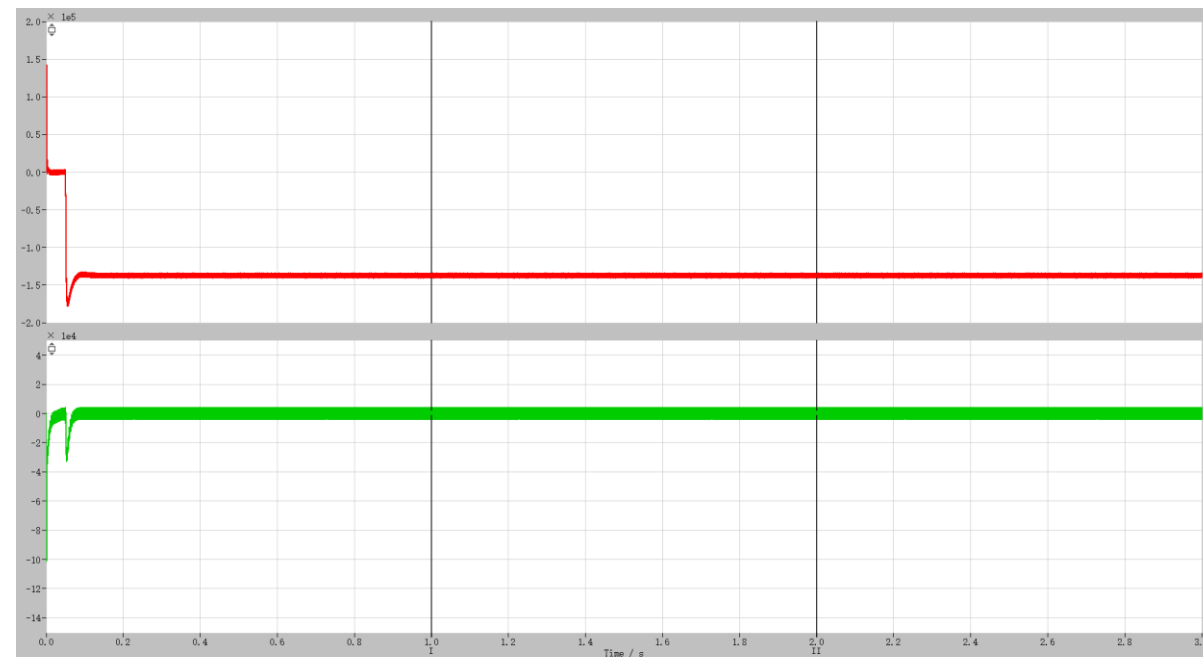
※此报告为理论仿真结果，仅供参考，实际以客户端台架结温测试结果为准。

BMF240R12E2G3--110%负载（逆变）仿真波形



Data			
Name	Cursor 1	Cursor 2	RMS
Time	2.82158	2.96162	
Plot 1			
...	155.557	159.253	230.894
...	-326.439	-326.526	230.946
...	170.882	167.273	230.896
Plot 2			
...	-131.75	-139.874	198.487
...	276.795	286.292	198.534
...	-145.045	-146.419	198.495

交流电压电流波形

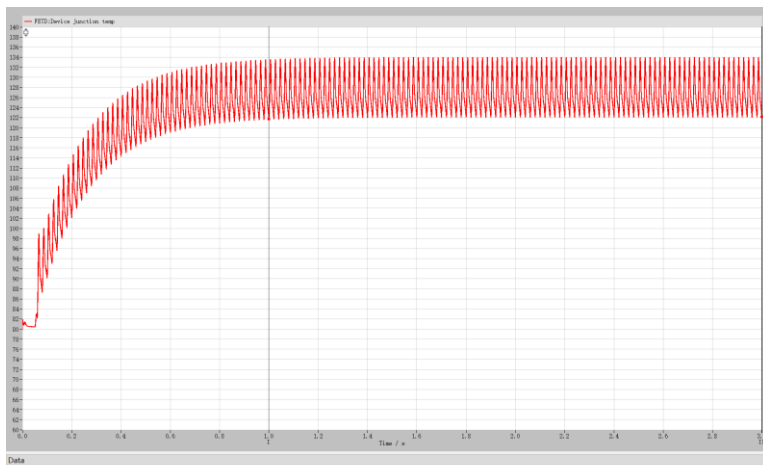


Data			
Name	Cursor 1	Cursor 2	Mean
Time	1	2	
Plot 1			
...	-137484	-137484	-137496
Plot 2			
...	344.984	344.984	-1.55258

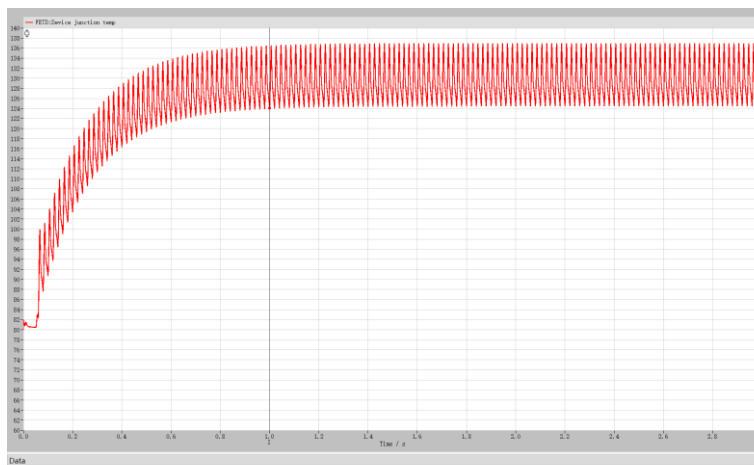
功率数据



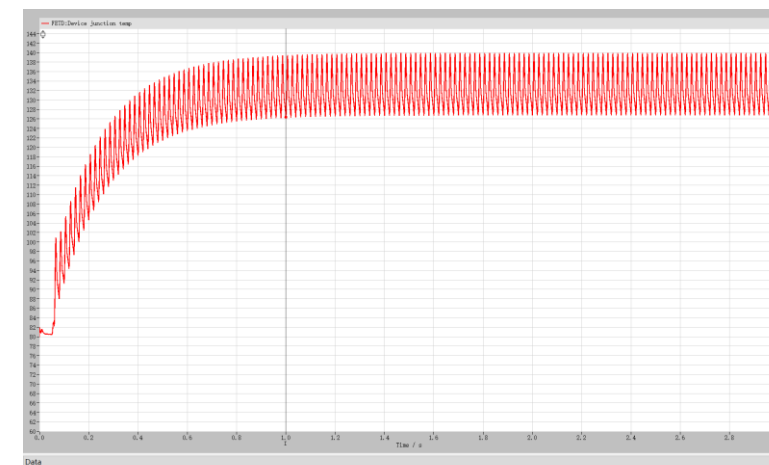
BMF240R12E2G3--110%负载（逆变）-32kHz~40kHz-80°C仿真波形



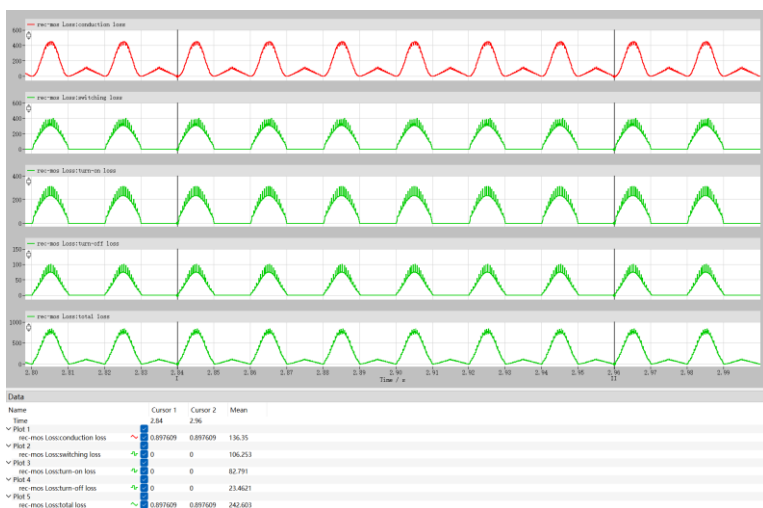
32kHz 结温数据



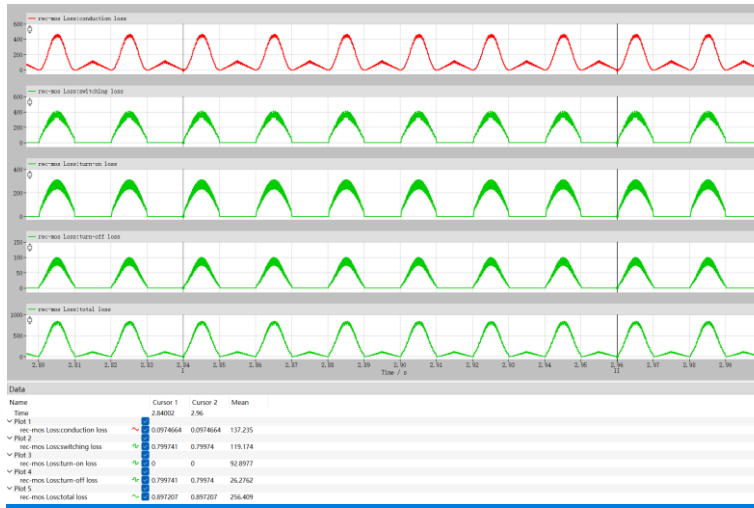
36kHz 结温数据



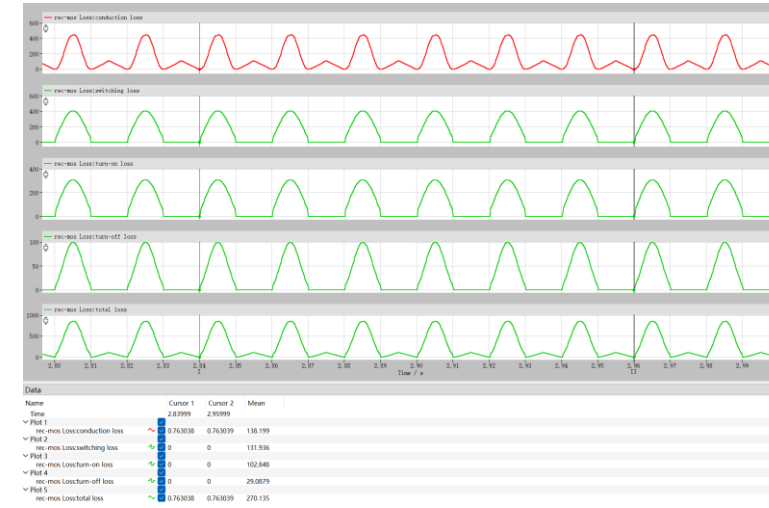
40kHz 结温数据



32kHz 损耗数据



36kHz 损耗数据



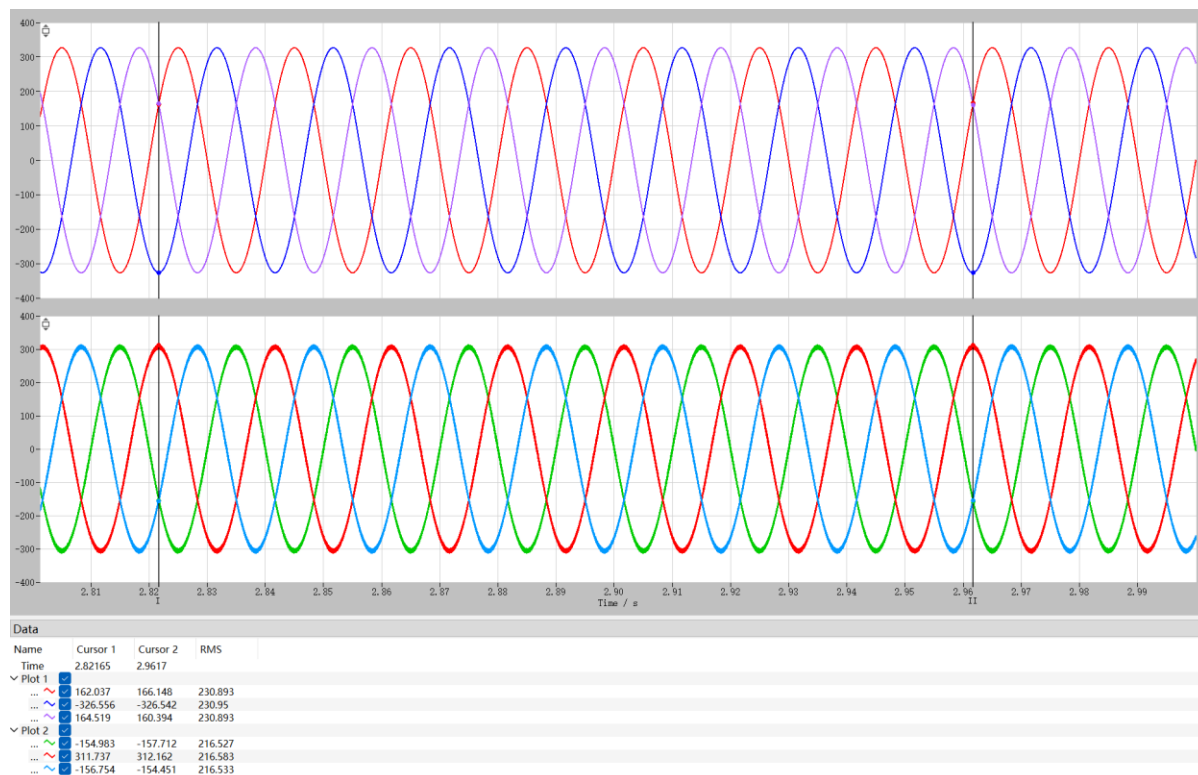
40kHz 损耗数据

- 不同工况下的结温、损耗对比：
- 仿真65℃/70℃/80℃散热器温度下，PCS拓扑中E2B模块1.2倍负载(150kW)MOS的损耗和结温。

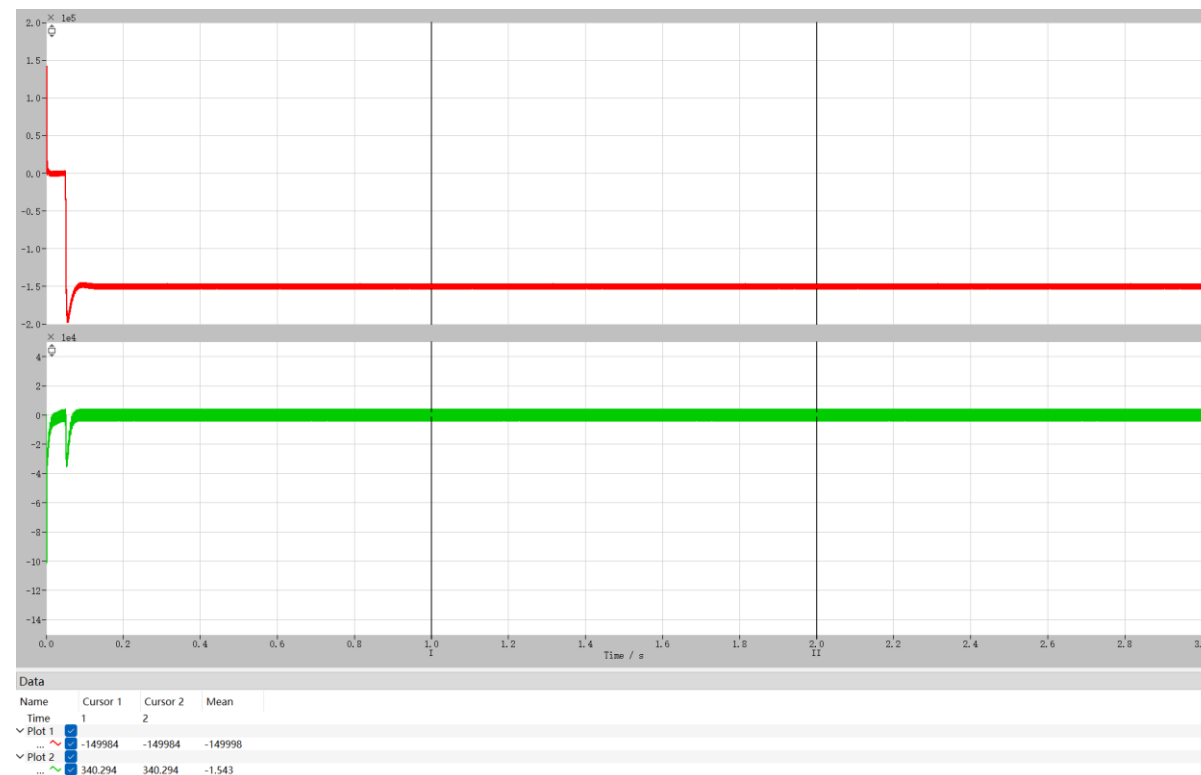
型号	载频fsw(kHz)	散热器温度(℃)	导通损耗(W)	开关损耗(W)	总损耗(W)	最高结温(℃)
BMF240R12E2G3	32	65	159.5	117.7	277.3	126.6
	36		160.7	131.9	292.6	129.9
	40		162	145.9	308	133.2
	32	70	161.6	116.7	278.4	131.8
	36		162.8	130.8	293.6	135.1
	40		164.1	144.7	308.8	138.4
	32	80	165.9	114.6	280.5	142.2
	36		167	128.4	295.4	145.4
	40		168.2	142.1	310.4	148.6

※此报告为理论仿真结果，仅供参考，实际以客户端台架结温测试结果为准。

BMF240R12E2G3--120%负载（逆变）仿真波形



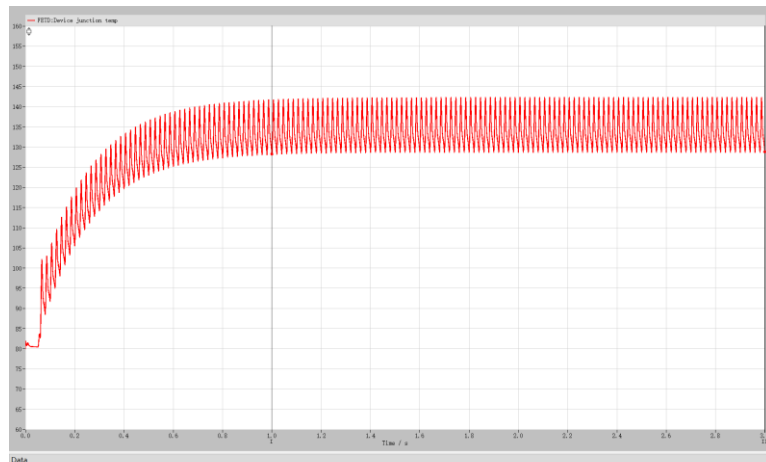
交流电压电流波形



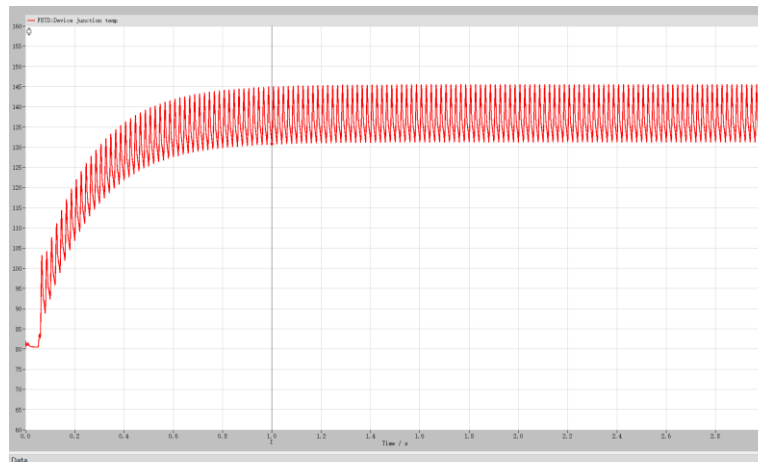
功率数据



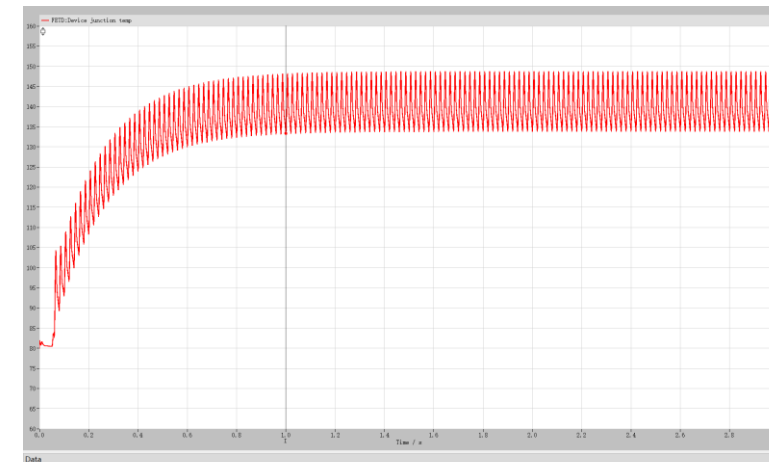
BMF240R12E2G3--120%负载（逆变）-32kHz~40kHz-80°C仿真波形



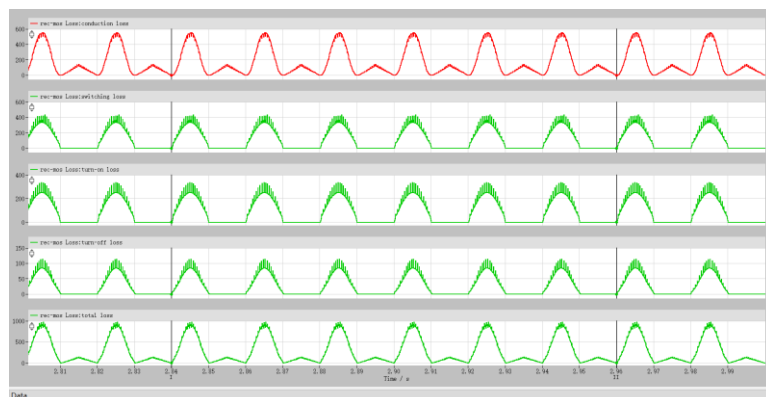
32kHz 结温数据



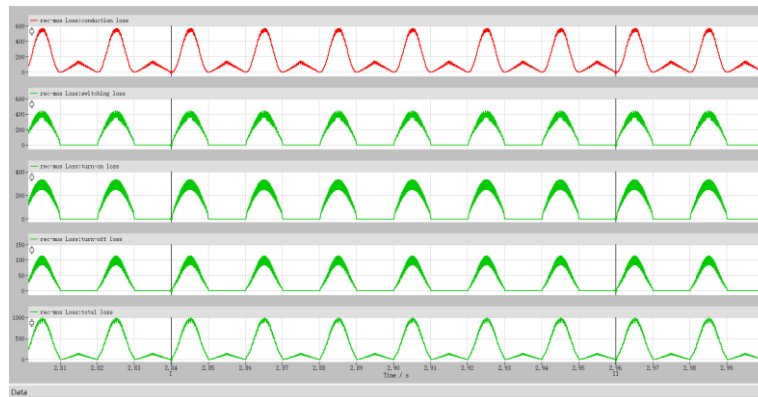
36kHz 结温数据



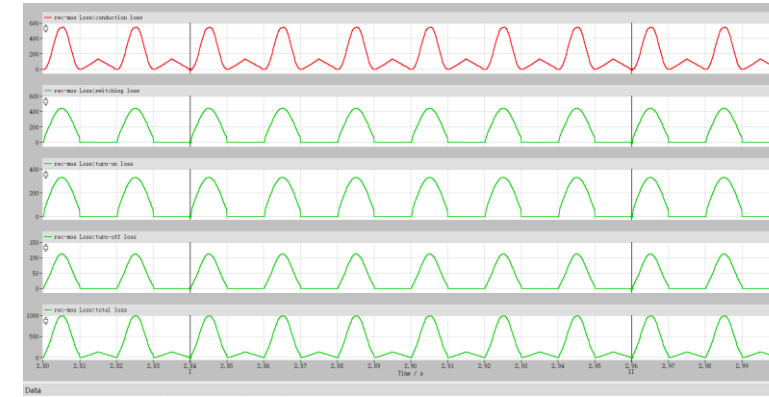
40kHz 结温数据



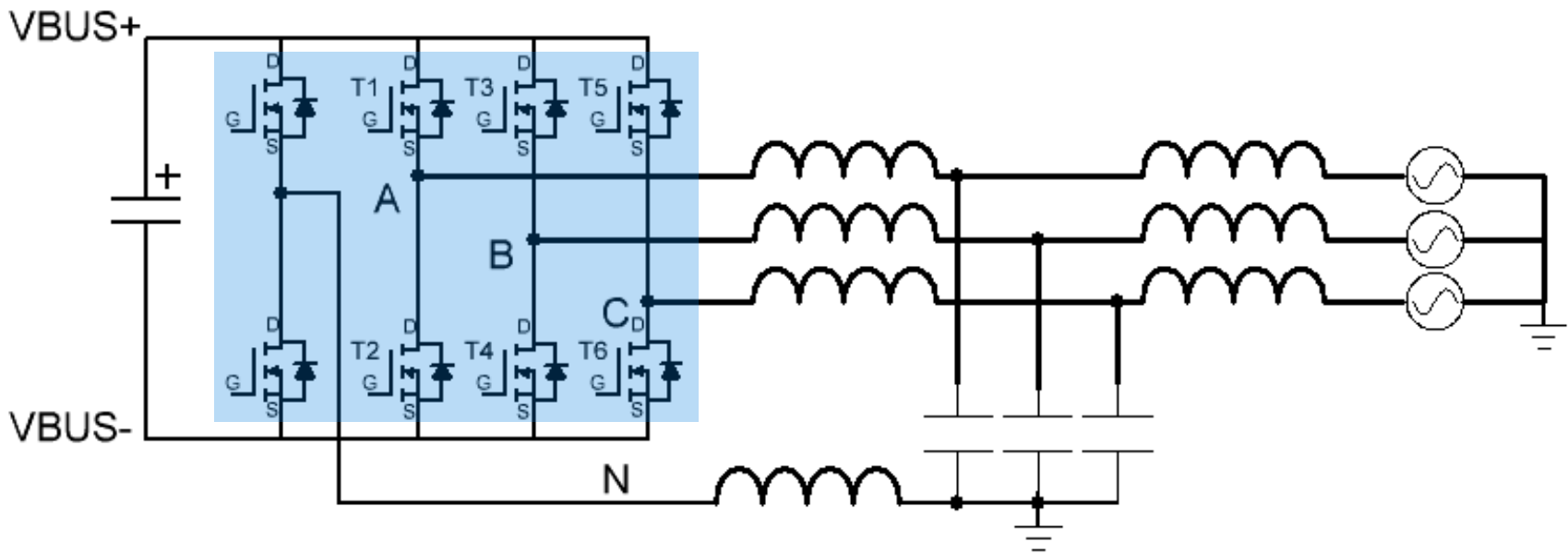
32kHz 损耗数据



36kHz 损耗数据



40kHz 损耗数据

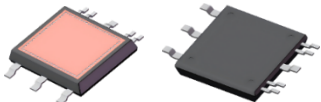


电路位置	SiC MOSFET分立器件	SiC MOSFET模块	隔离驱动芯片	电源控制芯片	驱动电源专用变压器
主功率逆变	B2M030120Z*48	/	/	/	/
	B3M013120Z*24	/			
	/	BMF240R12E2G3*4			
门极驱动板	/	/	BTD5350MCWR*8 BTD25350MMCWR*4	BTP1521F*4 BTP1521P*4	TR-P15DS23-EE13*4
辅助电源	B2M600170H	/	/	BTP284xDR	/

02

主电路采用的 SiC MOSFET器件



SiC半桥顶部散热MOSFET模块	SiC半桥MOSFET模块				
HSOP8	Pcore™2 (E1B)	Pcore™2 (E2B)	Pcore™2 (34mm)	Pcore™2(62mm)	Pcore™2 (ED3)
					
优势特点					
✓ 低导通电阻 ✓ 采用DBC陶瓷基板，实现内绝缘 ✓ 更优散热性能 ✓ 低寄生电感，低热阻 ✓ 安装方便，更具性价比	✓ 高晶圆可靠性 ✓ 优异抗噪特性 ✓ 高热性能及高封装可靠性 ✓ 使用Si₃N₄陶瓷基板，提高功率循环能力		✓ 低导通电阻，低导通损耗 ✓ 低开关损耗，适合高频应用 ✓ 高可靠性 ✓ 结温可达175℃		

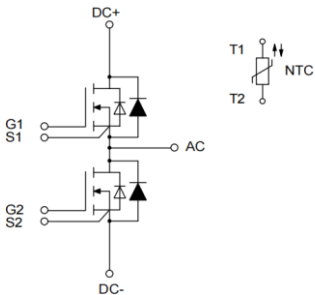
封装	型号	拓扑	电压(V)	电流(A)	R _{DS(on)} (mΩ)
HSOP8	B2M080120T	半桥	1200	20	80
	B2M040120T	半桥	1200	40	80
Pcore™4 E1B	BMH027MR07E1G3	H桥（全桥）	650	40	27
Pcore™2 E1B	BMF011MR12E1G3	半桥	1200	120	11
Pcore™2 E2B	BMF008MR12E2G3	半桥	1200	160	8
	BMF240R12E2G3	半桥	1200	240	5.5
34mm	BMF80R12RA3	半桥	1200	80	15
	BMF160R12RA3	半桥	1200	160	7.5
62mm	BMF300R12KA3	半桥	1200	300	4.0
	BMF450R12KA3	半桥	1200	450	3.0
ED3	BMF300R12MA3	半桥	1200	300	4.0
	BMF450R12MA3	半桥	1200	450	3.0

产品亮点

- ◆ 低导通电阻，高温 $R_{DS(on)}$ 表现优异；
- ◆ 内部集成SiC SBD,管压降低且基本没有反向恢复行为；
- ◆ 低开关损耗，开关损耗随温度上升反而下降；
- ◆ 高阈值电压，降低误导通风险；
- ◆ 高性能 Si_3N_4 AMB和高温焊料引入，提高产品可靠性；
- ◆ 支持Press-Fit压接和Soldering焊接工艺；
- ◆ 集成NTC温度传感器

应用领域

- ◆ 大功率快速充电桩
- ◆ 150A APF
- ◆ 125kW PCS
- ◆ 高端工业电焊机
- ◆ 高频DCDC变换器
- ◆ 电机驱动控制



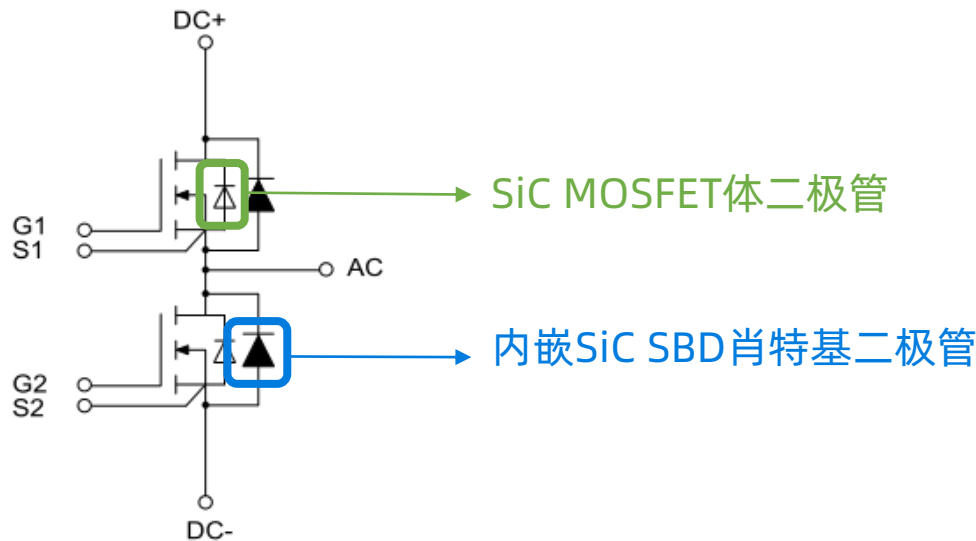
产品型号	封装	拓扑	V_{DSS} (V)	$R_{DS(on)}$ (m Ω)	I_{Dnom} (A)	$V_{GS(op)}$ (V)	$V_{GS(th).typ}$ (V)	V_{SD} (V)	Q_G (nC)
BMF240R12E2G3	Pcore™2 E2B	半桥	1200	5.5	240	+18/-4	4.0	1.35	492
BMF08MR12E2G3	Pcore™2 E2B	半桥	1200	8	160	+18/-4	4.0	1.35	328

- Al_2O_3 ---导热率最低，DCB 的成本也最低
- AlN ---导热性最好，但抗弯强度差，而且厚度应稍高一些（典型厚度630um）
- Si_3N_4 ---导热性比 AlN 差，但抗弯强度要比 AlN 好得多，因此厚度可以更低（典型厚度360um）

经过 10 次温度冲击后， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{AlN}$ 的覆铜板会出现铜箔与陶瓷之间的分层现象，而 Si_3N_4 则在 1000 次 温度冲击试验后保持了良好的接合强度，所以 Si_3N_4 非常适合SiC MOSFET模块。

类型	Al_2O_3	AlN	Si_3N_4	单位
热导率	24	170	90	W/mk
热膨胀系数	6.8	4.7	2.5	ppm/K
抗弯强度	450	350	700	N/mm2
断裂强度	4.2	3.4	6.0	Mpa/ $\sqrt{\text{m}}$
剥离强度	≥ 4		≥ 10	N/mm
绝缘系数	20			kV/mm

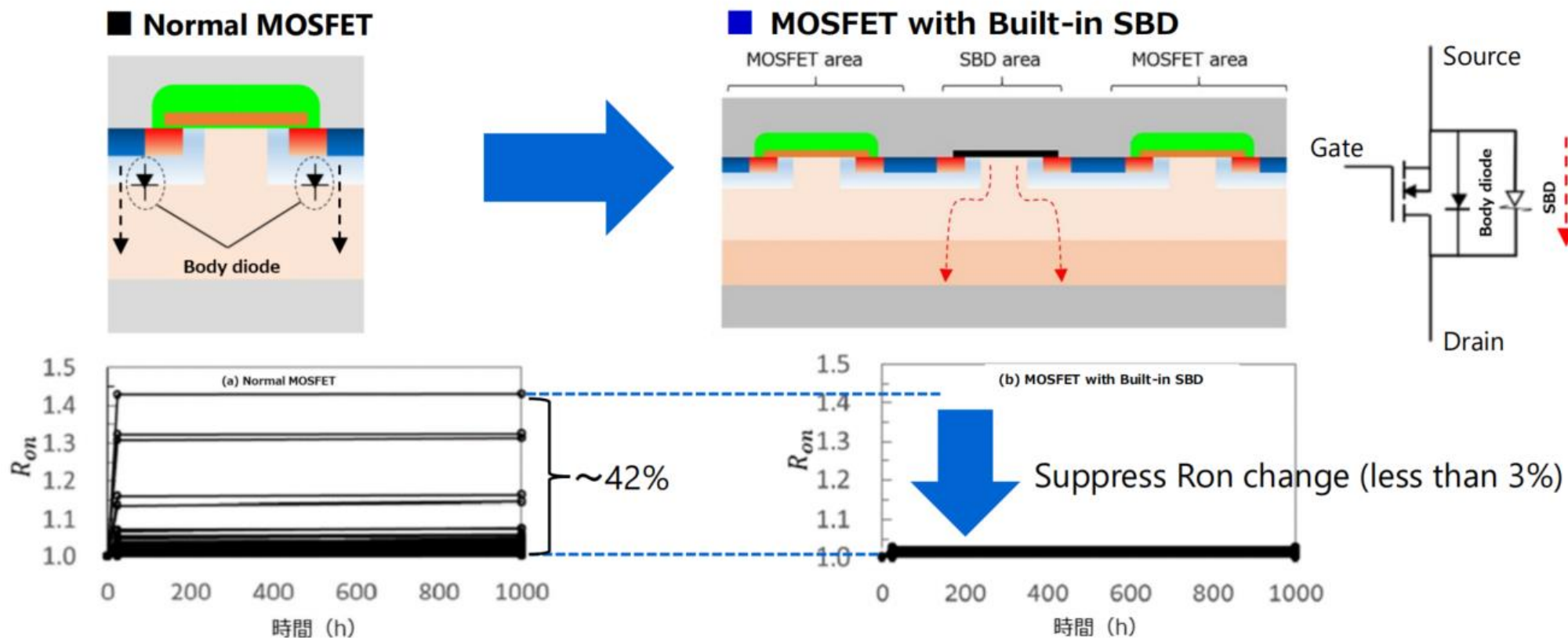
- 在SiC MOSFET的元胞中，嵌入SiC SBD元胞，可以显著提升SiC MOSFET的性能
- 与MOSFET配合换流的是SiC SBD而不是MOSFET的体二极管，比起SiC MOSFET的体二极管换流，Eon会有优势



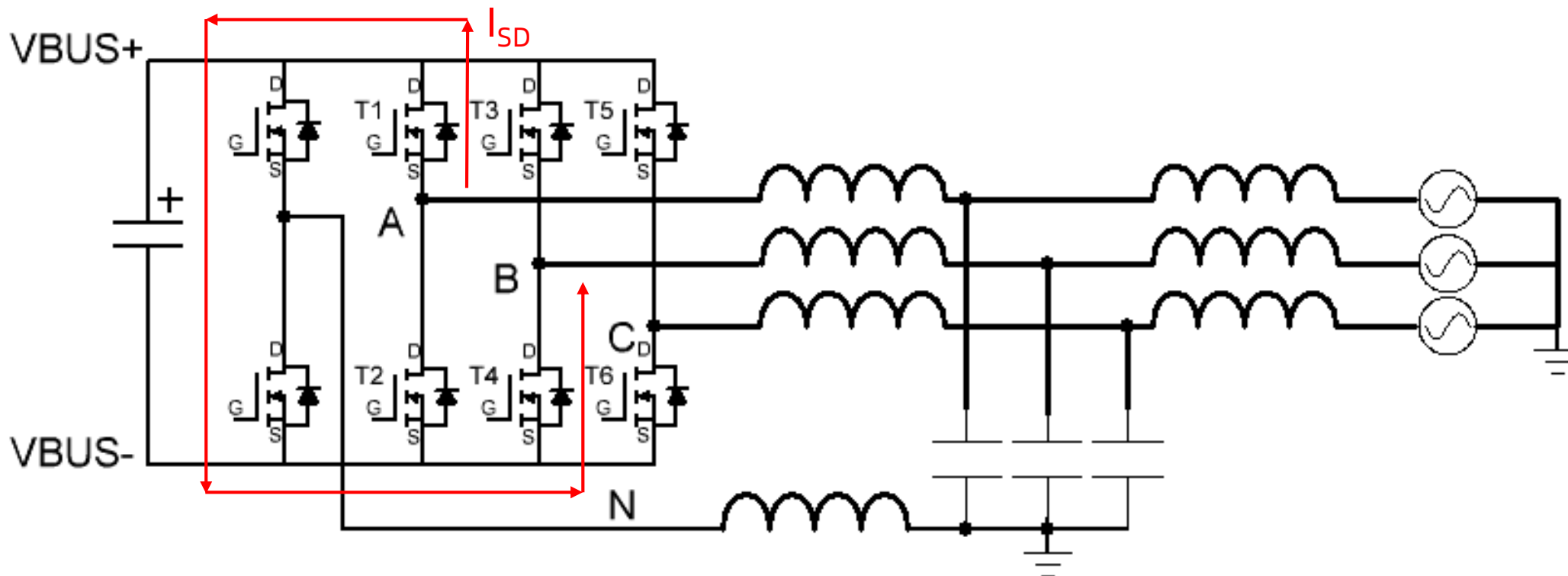
产品型号	$V_{DS}(V)$	$R_{DS(ON)}(m\Omega)$	$I_{D,nom}(A)$	$V_{GS(op)}(V)$	$V_{GS(th)}(V)$	$V_{SD}(V)$	$Qg(nC)$
BMF240R12E2G3	1200	5.5	240	-4/+18	4.0	1.35	492

BMF240R12E2G3在芯片嵌入SiC SBD二极管的原理介绍

- 可实现更高的稳定性
- 在普通 SiC MOSFET 中，体二极管导通运行1000小时后导通内阻 R_{on} 波动高达42%
- 芯片嵌入SiC SBD二极管，SBD导通运行1000小时后导通内阻 R_{on} 波动少于3%



- 可实现MOSFET的源极到漏极更低的 V_{SD} ，比普通SiC MOSFET的 V_{SD} 要明显低。
- 当电网电压异常波动时，PCS系统将有可能停止工作，SiC MOSFET门极封波，同时电网侧的断路器将断开，切断PCS系统和电网的连接，在断路器完全切断之前的时间内，电网通过体二极管对PCS进行不控整流，整流电流 I_{SD} 从电网侧涌进PCS的直流母线，这种工况需要靠MOSFET的反并联二极管硬扛浪涌电流。由于BMF240R12E2G3的SD间二极管有更低的 V_{SD} ，这将大大降低导通损耗，从而提高SiC MOSFET的对电网浪涌电流的抵御能力。

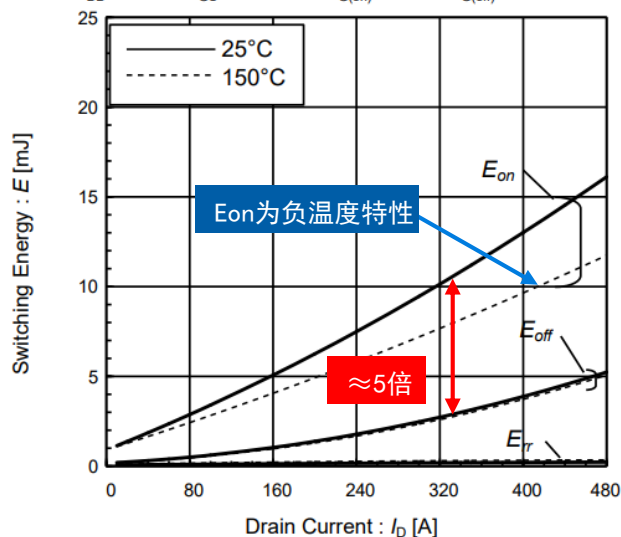


BMF240R12E2G3的开通损耗Eon随温度升高而降低

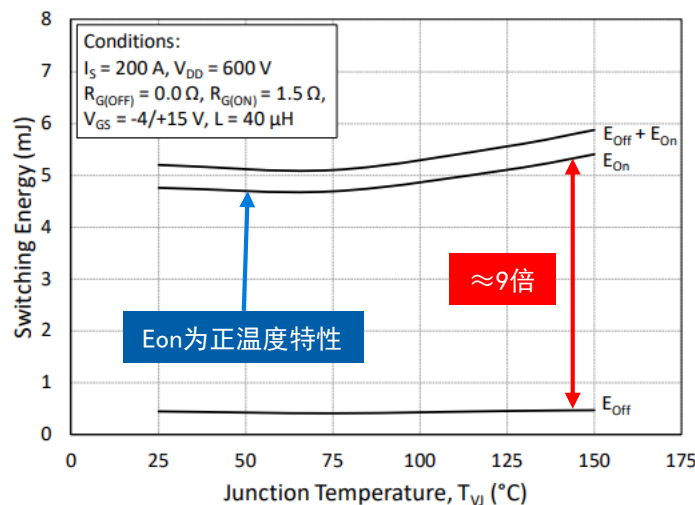
- 从以下各品牌曲线图得出，SiC MOSFET的Eon的数值远大于Eoff，Eon占总损耗Etotal的60%~80%左右。
- FF6MR12W2M1H_B70和 CAB006M12GM3的Eon显正温度特性，随着温度上升Eon变大。
- BMF240R12E2G3的Eon呈现负温度特性，随着温度上升Eon变小，这使得高温时开关损耗会下降，而Eon的权重很高，所以高温重载时，整机效率就显得很出色，尤其在硬开关的拓扑中，这个特征在PCS应用中很有价值。

Fig.13 Typical Switching Loss vs. Drain Current

$V_{DD}=800V$, $V_{GS}=+18/-4V$, $R_{G(on)}=2.2\Omega$, $R_{G(off)}=2.2\Omega$

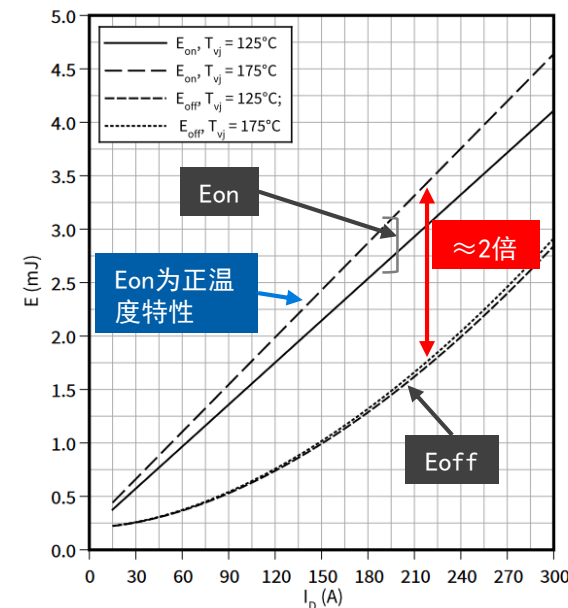


BMF240R12E2G3 (BASiC)



CAB006M12GM3 (W***)

$r_{off} = 1.3 \Omega$, $R_{Gon} = 2.4 \Omega$, $V_{DD} = 600V$, $V_{GS} = -3/18V$



FF6MR12W2M1H_B70 (I***)

■ 根据静态特性，BASiC BMF240R12E2G3 在 $BVDSS$ 、 $V_{GS(th)}$ 、 V_{SD} 、 C_{rss} 方面表现出色，优于 CAB006M12GM3 (W***) 和 FF6MR12W2M1H_B70 (I***)。

项目	测试条件	BMF240R12E2G3(BASiC)		CAB006M12GM3 (W***)		FF6MR12W2M1H_B70 (I***)		单位
		BOT	TOP	BOT	TOP	BOT	TOP	
BV_{DSS}	$V_{GS}=0V, I_D=100\mu A, T_j=25^{\circ}C$	1627	1621	1531	1436	1404	1419	V
	$V_{GS}=0V, I_D=100\mu A, T_j=125^{\circ}C$	1650	1648	1560	1466	1447	1457	
	$V_{GS}=0V, I_D=100\mu A, T_j=150^{\circ}C$	1653	1650	1567	1472	1456	1467	
I_{DSS}	$V_{DS}=1200V, V_{GS}=0V, T_j=25^{\circ}C$	6.041	5.965	0.138	0.296	0.223	0.175	uA
	$V_{DS}=1200V, V_{GS}=0V, T_j=125^{\circ}C$	26.033	28.323	0.768	1.215	1.067	0.917	
	$V_{DS}=1200V, V_{GS}=0V, T_j=150^{\circ}C$	39.726	40.196	1.116	1.628	1.873	1.278	

■ 漏电流 I_{GSS} 和开启电压 $V_{GS(th)}$ 参数

项目	测试条件	BMF240R12E2G3(BASiC)		CAB006M12GM3 (W***)		FF6MR12W2M1H_B70 (I***)		单位
		BOT	TOP	BOT	TOP	BOT	TOP	
I_{GSS+}	$V_{GS}=25V, V_{DS}=0V, T_j=25^{\circ}C$	0.476	0.176	0.387	0.049	0.362	0.092	nA
	$V_{GS}=25V, V_{DS}=0V, T_j=125^{\circ}C$	1.193	1.423	1.116	0.974	0.296	0.525	
	$V_{GS}=25V, V_{DS}=0V, T_j=150^{\circ}C$	2.463	1.420	1.307	1.214	0.401	0.464	
I_{GSS-}	$V_{GS}=-10V, V_{DS}=0V, T_j=25^{\circ}C$	-0.069	-0.151	-0.218	-0.227	-0.261	-0.292	nA
	$V_{GS}=-10V, V_{DS}=0V, T_j=125^{\circ}C$	-0.119	-0.114	-0.343	-0.418	-0.611	-0.345	
	$V_{GS}=-10V, V_{DS}=0V, T_j=150^{\circ}C$	-0.702	-0.128	-0.998	-0.702	-0.709	-0.789	
$V_{GS(th)}$	$V_{GS}=V_{DS}, I_D=78mA, T_j=25^{\circ}C$	4.311	4.282	3.008	3.020	4.050	4.056	V
	$V_{GS}=V_{DS}, I_D=78mA, T_j=125^{\circ}C$	3.592	3.517	2.329	2.349	3.287	3.376	
	$V_{GS}=V_{DS}, I_D=78mA, T_j=150^{\circ}C$	3.433	3.403	2.237	2.254	3.179	3.191	

■ $R_{DS(ON)}$ 参数

项目	测试条件	BMF240R12E2G3(BASiC)		CAB006M12GM3 (W***)		FF6MR12W2M1H_B70 (I***)		单位
		BOT	TOP	BOT	TOP	BOT	TOP	
$R_{DS(ON)_1}$	$V_{GS}=18V, I_D=150A, T_j=25^{\circ}C$	5.625	5.701	4.036	3.892	4.412	4.513	mΩ
	$V_{GS}=18V, I_D=150A, T_j=125^{\circ}C$	7.239	7.770	6.758	6.553	7.259	7.382	
	$V_{GS}=18V, I_D=150A, T_j=150^{\circ}C$	8.251	8.508	7.671	7.346	8.254	8.125	
$R_{DS(ON)_2}$	$V_{GS}=18V, I_D=200A, T_j=25^{\circ}C$	5.713	5.781	4.080	3.931	4.465	4.565	mΩ
	$V_{GS}=18V, I_D=200A, T_j=125^{\circ}C$	7.325	7.864	6.832	6.618	7.342	7.474	
	$V_{GS}=18V, I_D=200A, T_j=150^{\circ}C$	8.342	8.611	7.755	7.432	8.374	8.243	

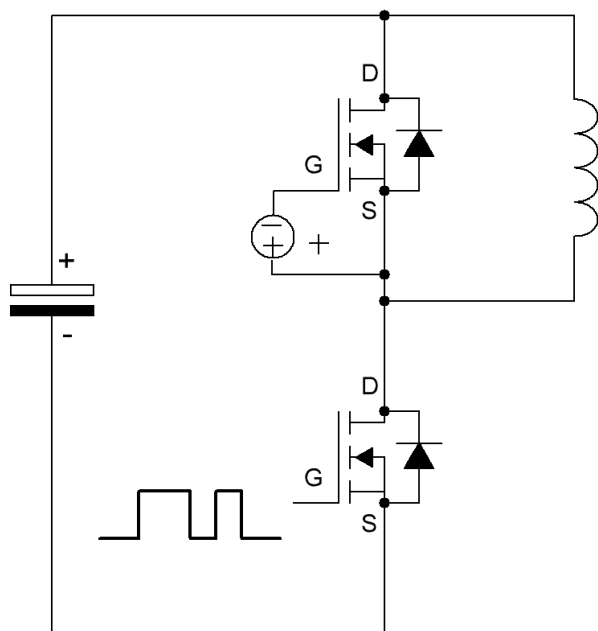
■ 体二极管 V_{SD} (Forward Voltage of Body-Diode) 和栅极电阻 $R_{G(int)}$

项目	测试条件	BMF240R12E2G3(BASiC)		CAB006M12GM3 (W***)		FF6MR12W2M1H_B70 (I***)		单位
		BOT	TOP	BOT	TOP	BOT	TOP	
V_{SD}	$V_{GS}=-4V, I_{SD}=200A, T_j=25^{\circ}C$	1.911	1.930	5.452	5.363	4.861	4.917	V
	$V_{GS}=-4V, I_{SD}=200A, T_j=125^{\circ}C$	2.534	2.668	4.984	4.875	4.514	4.666	
	$V_{GS}=-4V, I_{SD}=200A, T_j=150^{\circ}C$	2.810	2.873	4.902	4.800	4.454	4.550	
$R_{G(int)}$	$f=1MHz, VAC=25mV, T_j=25^{\circ}C$	0.700	0.710	1.408	1.402	2.228	2.301	Ω
	$f=1MHz, VAC=25mV, T_j=125^{\circ}C$	1.089	0.634	0.943	1.328	2.131	2.011	
	$f=1MHz, VAC=25mV, T_j=150^{\circ}C$	0.534	0.689	1.638	1.377	1.959	1.838	

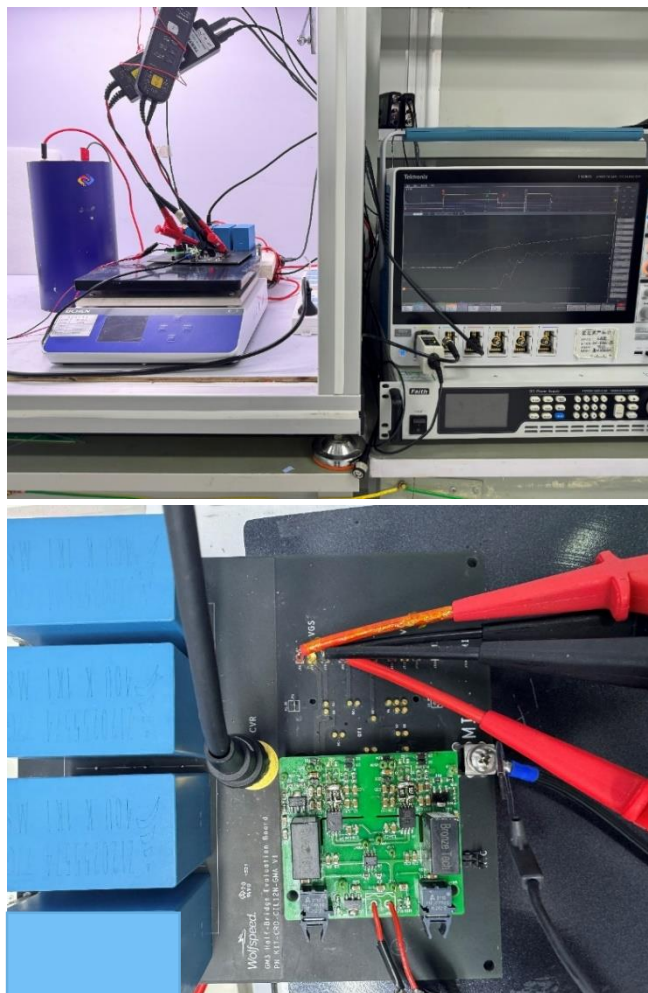
■ 电容参数

项目	测试条件	BMF240R12E2G3 (BASiC)		CAB006M12GM3 (W***)		FF6MR12W2M1H_B70 (I***)		单位
		BOT	TOP	BOT	TOP	BOT	TOP	
Ciss	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=25^{\circ}C$	17.384	17.426	21.342	21.442	12.713	12.744	nF
	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=125^{\circ}C$	17.432	17.493	21.477	21.581	12.788	12.823	
	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=150^{\circ}C$	17.421	17.514	21.519	21.635	12.807	12.821	
Coss	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=25^{\circ}C$	0.961	0.966	0.808	0.816	0.700	0.705	nF
	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=125^{\circ}C$	0.969	0.980	0.812	0.815	0.703	0.704	
	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=150^{\circ}C$	0.962	0.978	0.813	0.829	0.705	0.720	
Crss	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=25^{\circ}C$	36.900	21.951	52.919	41.486	59.584	45.864	pF
	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=125^{\circ}C$	26.017	18.873	56.484	41.216	60.927	48.154	
	$V_{GS}=0V, V_{DS}=800V$ $f=100kHz, V_{AC}=25mV, T_J=150^{\circ}C$	30.830	19.012	51.435	41.500	58.197	43.294	

测试原理图

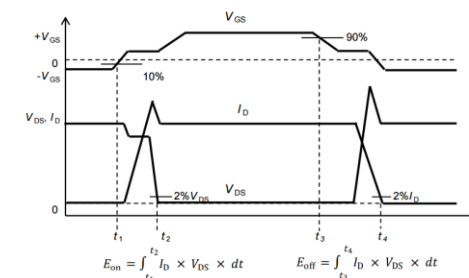
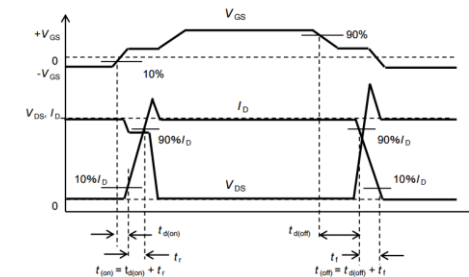


测试设备

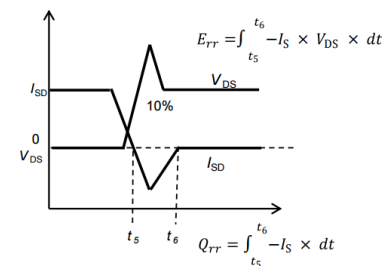
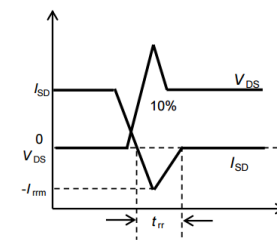


测量的参数

MOSFET



Body Diode



- 高温和低温，BASiC BMF240R12E2G3 的Eoff、Etotal性能优异，都优于CAB006M12GM3 (W***) 和 FF6MR12W2M1H_B70 (I***)。
- BASiC BMF240R12E2G3在高温(Tj=125°C)时的Eon相比常温(Tj=25°C)时的Eon显著下降，这是BMF240R12E2G3最优秀的一项动态特性。

Test object: Bottom Side											
Test conditions: V _{GS(op)} =-3V/+18V, Bottom Side, V _{DC} =800V, ID=150/200/400A, Lσ=10.7nH, L _{Load} =50/100uH, Rgon=Rgoff=3.3Ω, Tj=25°C											
项目		BMF24012E2G3(BASiC)			CAB006M12GM3 (W***)			FF6MR12W2M1H_B70 (I***)			单位
		150A	200A	400A	150A	200A	400A	150A	200A	400A	
SiC MOSFET	ON-di/dt	3109	3862	6466	4580	5274	7434	5942	6783	8683	A/us
	ON-dv/dt	14539	13628	10796	14946	13956	9742	12112	11065	8149	V/us
	Eon	6.55	8.56	18.48	5.94	7.72	15.55	5.49	7.33	15.39	mJ
	OFF-di/dt	3863	5948	13948	2971	4517	12056	3376	5424	13399	A/us
	OFF-dv/dt	20622	20656	21322	14264	15059	15960	17822	18574	19829	V/us
	V _{DS_peak}	903	928	983	892	906	944	914	935	981	V
	Eoff	1.78	2.66	6.76	3.21	4.57	10.87	2.61	3.75	8.85	mJ
	Etotal	8.33	11.22	25.24	9.15	12.29	26.42	8.1	11.08	24.24	mJ
Test object: Bottom Side											
Test conditions: V _{GS(op)} =-3V/+18V, Bottom Side, V _{DC} =800V, ID=150/200/400A, Lσ=10.7nH, L _{Load} =50/100uH, Rgon=Rgoff=3.3Ω, Tj=125°C											
SiC MOSFET	ON-di/dt	4167	4649	6747	6745	6194	8282	6516	7292	9332	A/us
	ON-dv/dt	20346	20346	13646	18779	14849	10582	14968	13897	10287	V/us
	Eon	5.89	7.54	14.66	5.12	7.68	15.9	6.00	8.13	17.87	mJ
	OFF-di/dt	3685	5633	13827	3057	4548	10669	3247	5150	12135	A/us
	OFF-dv/dt	23606	24427	23364	16010	15747	16783	17182	18026	19617	V/us
	V _{DS_peak}	894	919	991	874	898	933	884	890	919	V
	Eoff	1.66	2.37	6.16	3.01	4.55	11.31	2.8	3.95	9.22	mJ
	Etotal	7.55	9.91	20.82	8.13	12.23	27.21	8.8	12.08	27.09	mJ

- 高温和低温，体二极管的Qrr和Err的性能优于CAB006M12GM3（W***）。
- BASiC BMF240R12E2G3的体二极管的反向恢复电流变化率di/dt，在高温（Tj=125℃）时的数值相比常温（Tj=25℃）时的数量大幅度下降。

Test object: Bottom Side											
Test conditions: V _{GS(op)} =-3V/+18V, Bottom Side, V _{DC} =800V, ID=150/200/400A, Lσ=10.7nH, L _{Load} =50/100uH, Rgon=Rgoff=3.3Ω, T _j =25℃											
项目		BMF24012E2G3(BASiC)			CAB006M12GM3 (W***)			FF6MR12W2M1H_B70 (I***)			单位
		150A	200A	400A	150A	200A	400A	150A	200A	400A	
Body-Diode	I _{RRM}	-60.9	-65.4	-66.7	-72.8	-81.6	-108.2	-59.4	-58.3	59.1	A
	V _{DS_peak}	834	834	828	837	835	828	844	838	820	V
	Qrr	0.63	0.63	0.59	0.83	0.97	1.24	0.53	0.51	0.55	uC
	Err	0.07	0.08	0.08	0.1	0.12	0.2	0.07	0.07	0.08	mJ
	Recovery-di/dt	6678	8142	9824	6771	7683	10472	7406	8262	7598	A/us
	Recovery-dv/dt	15275	14816	13561	15879	15538	14960	14909	14616	13866	V/us
	V _{GS(TOP)_min}	1.19	1.61	1.96	2.09	2.25	3.66	2.3	2.55	3.16	V
	V _{GS(TOP)_max}	-6.76	-6.82	-6.95	-5.43	-5.55	-5.76	-6.6	-6.63	-6.85	V
Test object: Bottom Side											
Test conditions: V _{GS(op)} =-3V/+18V, Bottom Side, V _{DC} =800V, ID=150/200/400A, Lσ=10.7nH, L _{Load} =50/100uH, Rgon=Rgoff=3.3Ω, T _j =125℃											
Body-Diode	I _{RRM}	-56.3	-66.4	-87.2	-87.8	-91.5	-135.1	-85.3	-94.6	-132.6	A
	V _{DS_peak}	831	838	868	860	816	861	858	857	836	V
	Qrr	0.62	0.65	0.74	1.74	1.61	2.69	1.67	2.01	3.39	uC
	Err	0.07	0.09	0.13	0.4	0.34	0.66	0.41	0.49	0.86	mJ
	Recovery-di/dt	5765	6942	12010	8219	8774	10625	8303	8532	9366	A/us
	Recovery-dv/dt	24394	25022	24332	23398	21119	17858	18804	18525	17194	V/us
	V _{GS(TOP)_min}	0.37	0.79	2.41	0.81	0.86	1.93	1.34	1.5	1.5	V
	V _{GS(TOP)_max}	-6.07	-6.24	-6.25	-5.32	-5.48	-5.45	-5.52	-5.71	-5.74	V

BMF240R12E2G3(BASiC)开关波形

测试条件: $V_{DC}=800V$; $I_D=400A$; $R_{gon}=R_{goff}=3.3\Omega$, $V_{gs}(op)=-3V/+18V$; $T_j=125^\circ C$

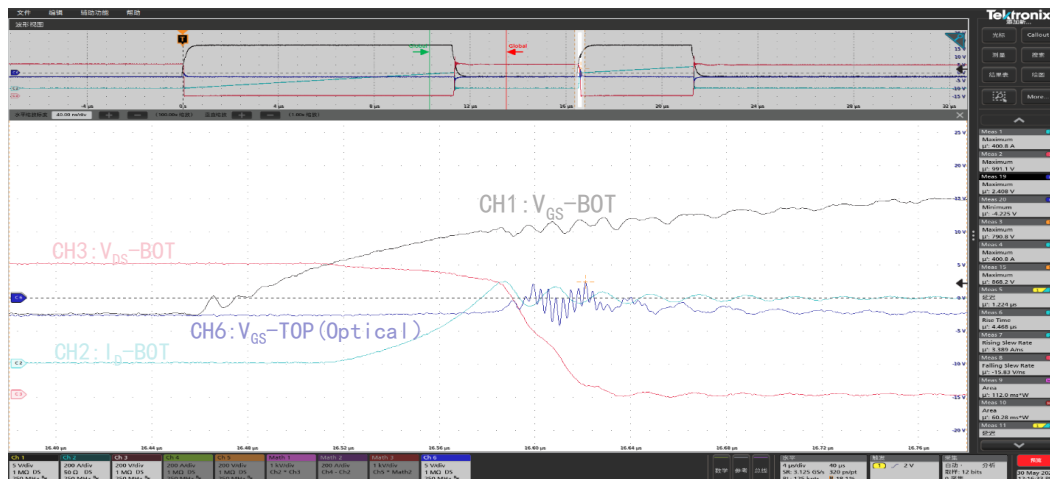


Fig1 开通波形

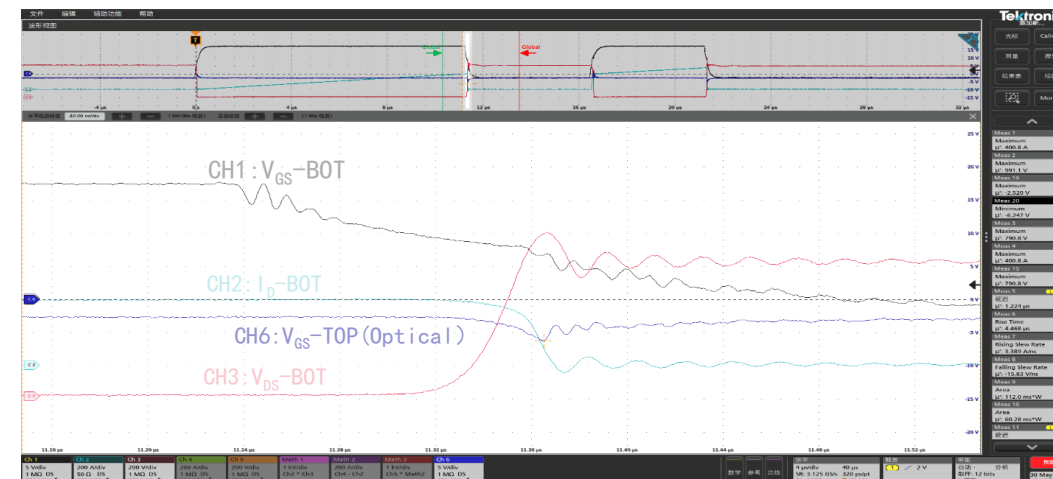


Fig2 关断波形

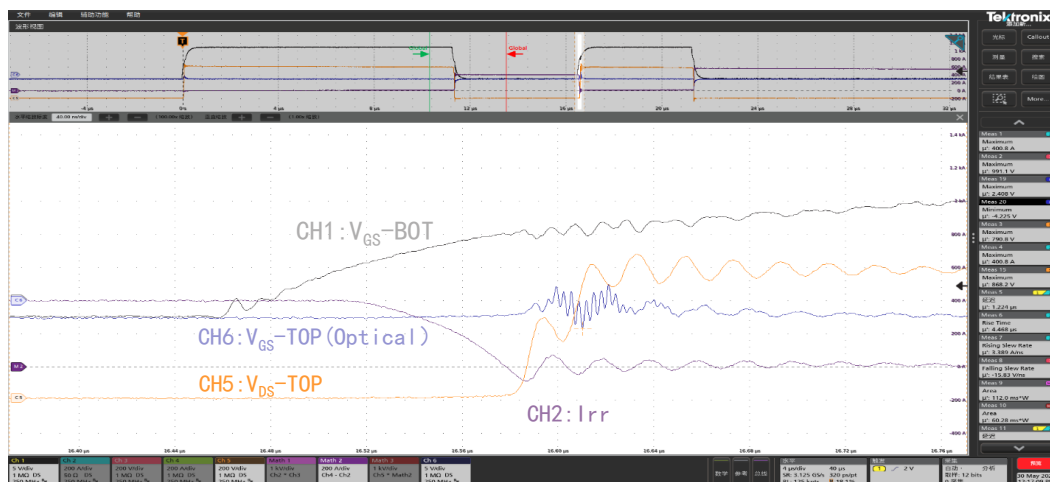
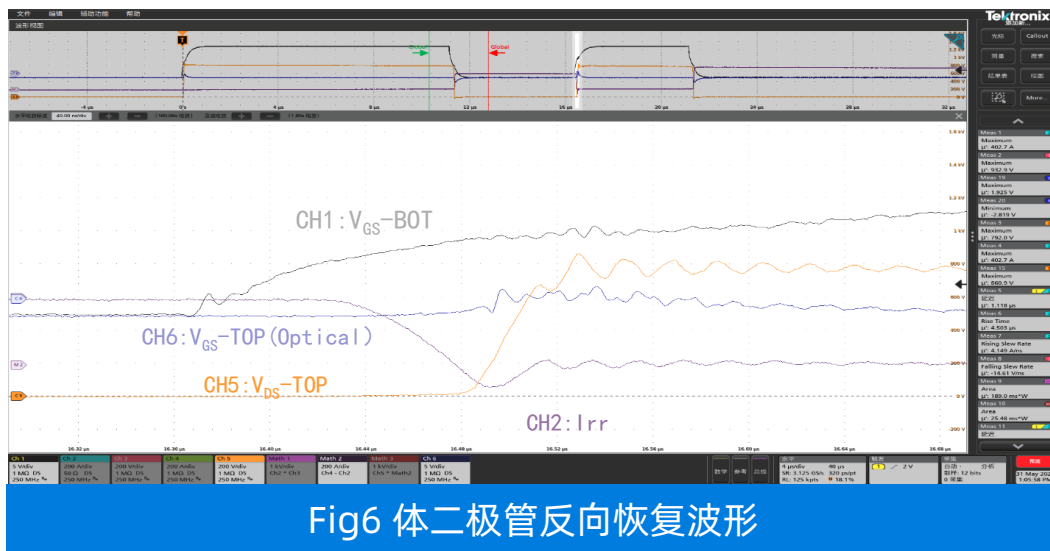
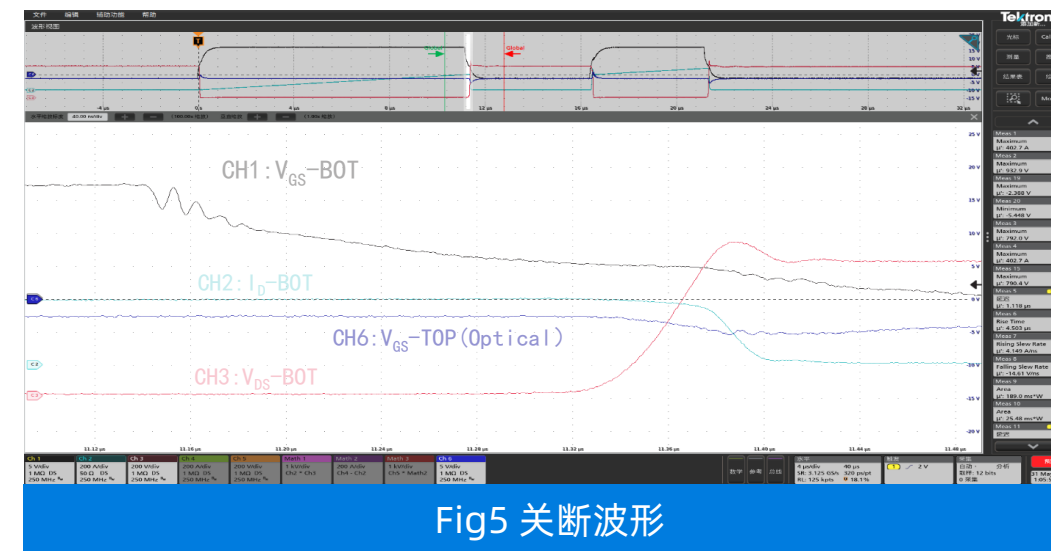
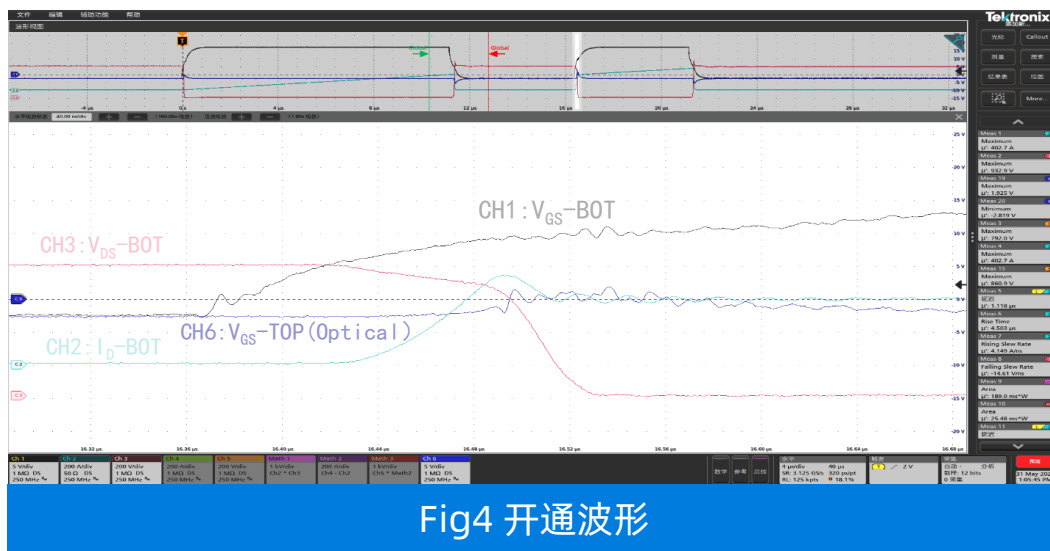


Fig3 体二极管反向恢复波形

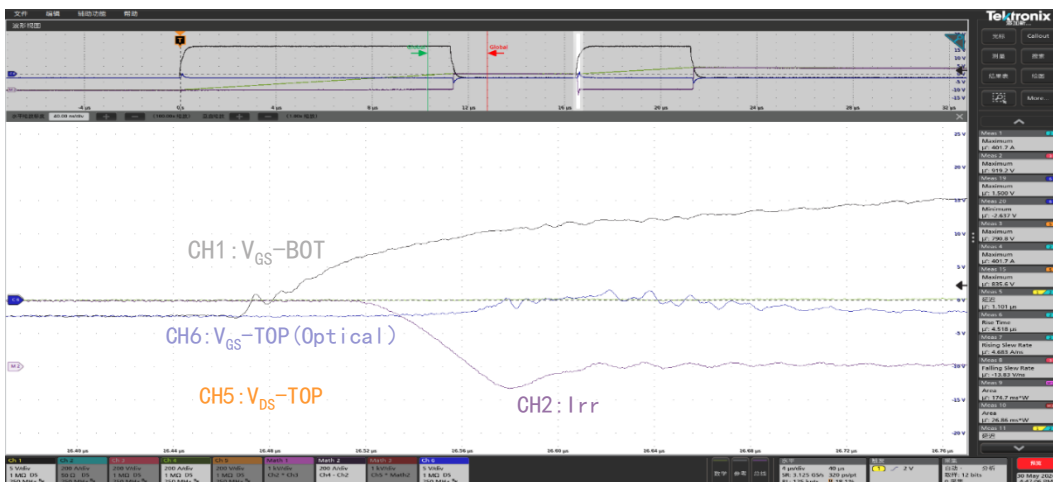
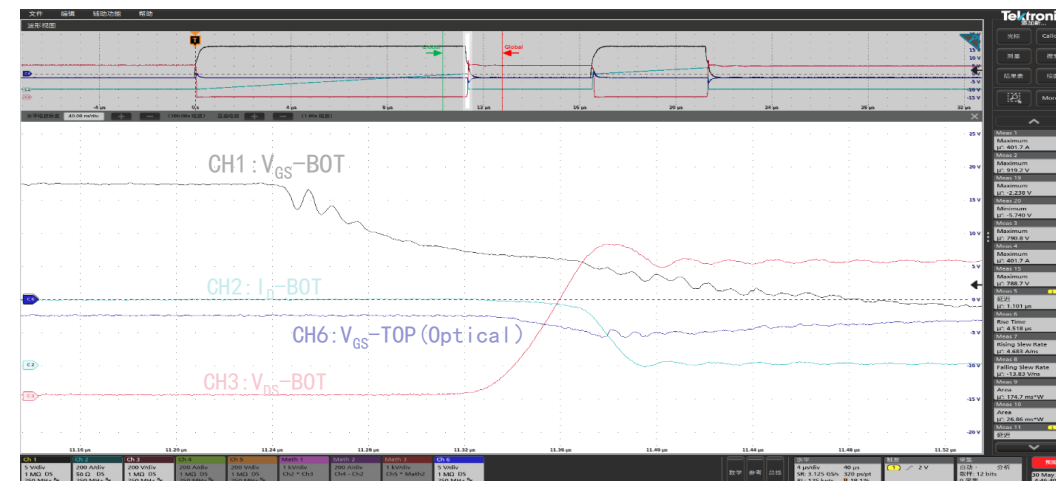
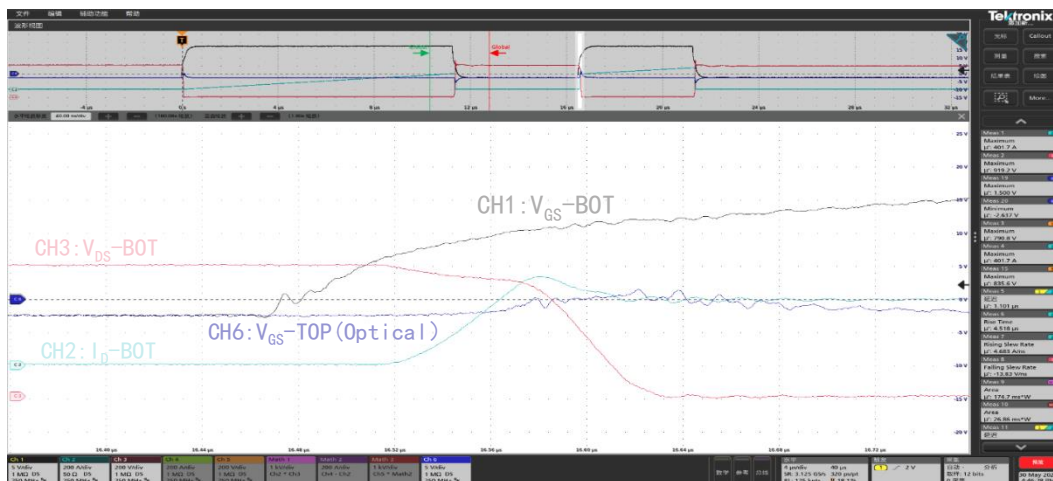
CAB006M12GM3(W**)开关波形

■ 测试条件: $V_{DC}=800V$; $I_D=400A$; $R_{gon}=R_{goff}=3.3\Omega$, $V_{gs}(op)=-3V/+18V$; $T_j=125^\circ C$

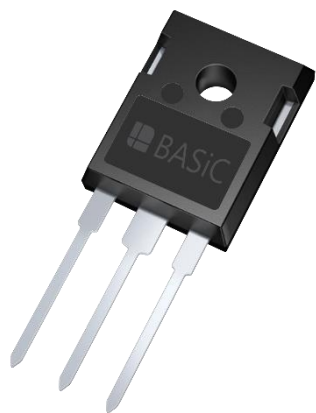


FF6MR12W2M1H_B70(I***)开关波形

测试条件: $V_{DC}=800V$; $I_D=400A$; $R_{gon}=R_{goff}=3.3\Omega$, $V_{gs}(op)=-3V/+18V$; $T_j=125^\circ C$



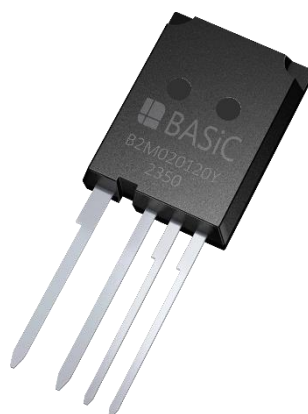
基本半导体第二代碳化硅MOSFET系列新品基于6英寸晶圆平台进行开发，比上一代产品在品质系数因子（ $FOM = R_{DS(ON)} * Q_G$ ）、开关损耗以及可靠性等方面表现更为出色。同时，B2M SiC MOSFET系列产品的封装更为丰富，以更好满足客户需求。



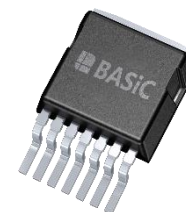
TO-247-3



TO-247-4



TO-247PLUS-4



TO-263-7



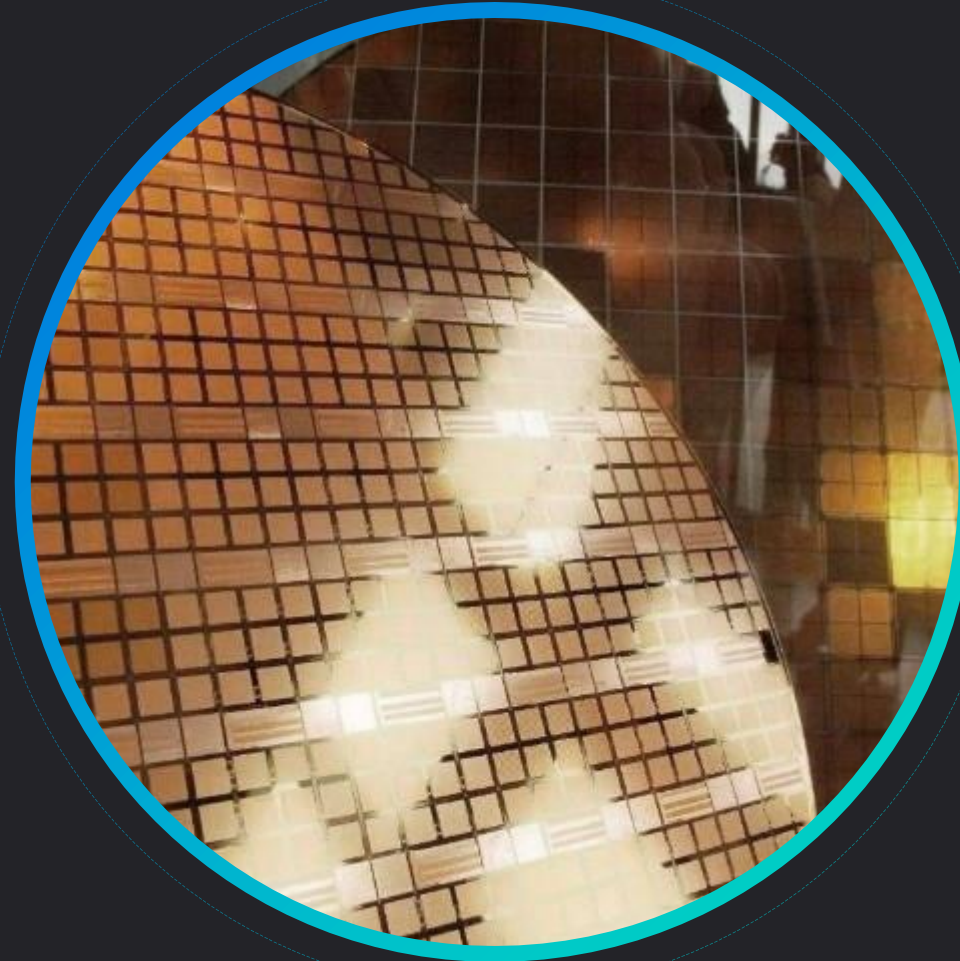
SOT-227

电压	R _{DS(on)}	TO-247-3	TO-247-4	TO-247PLUS-4	TO-263-7	SOT-227
650V	40mΩ		*B3M040065Z		*B3M040065R	
750V	8mΩ		B2M008075HK			
	4mΩ			B2M004075Y		
1200V	160mΩ	B2M160120H	B2M160120Z		B2M160120R	
	80mΩ	B2M080120H	B2M080120Z		B2M080120R	
	65mΩ	B2M065120H	B2M065120Z		B2M065120R	
	40mΩ	B2M040120H	B2M040120Z		B2M040120R	
	30mΩ		B2M030120Z		B2M030120R	
	13mΩ		B3M013120Z			
	11mΩ		B2M011120HK			B2M012120N
	8mΩ			B3M008120Y		
	6mΩ			B2M006120Y		
1700V	600mR	B2M600170H			B2M600170R	
2000V	24mΩ	B2M024200H				
3300V	1000mΩ				*B2M1000330R	

*即将推出

03

使用SiC MOSFET模块 的驱动板整体解决方案

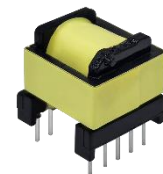
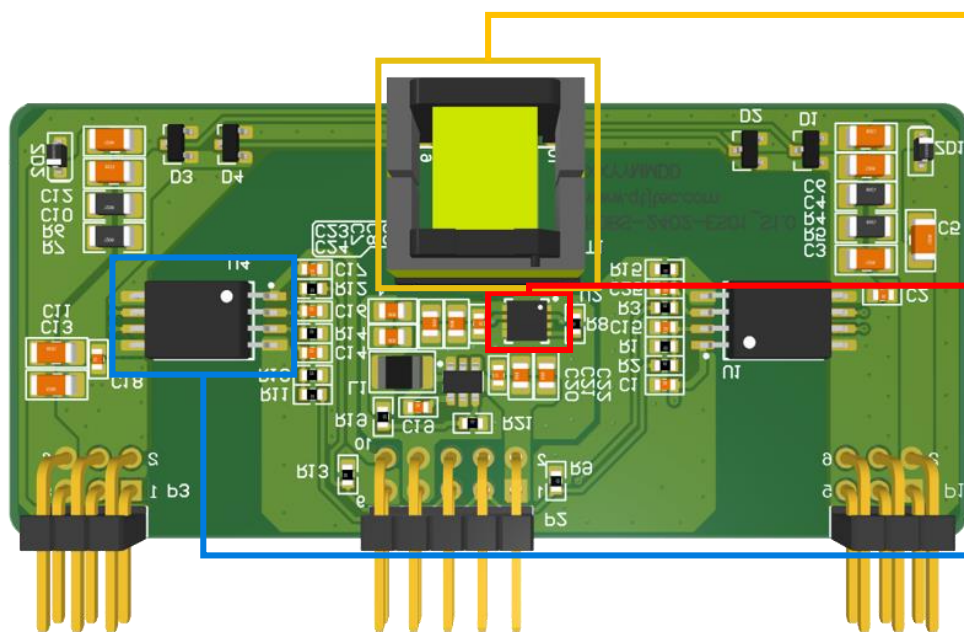


■ SiC MOSFET驱动板参考设计

- ◆ 即插即用驱动板型号为BSRD-2423-ES01
- ◆ 两组输入电压，分别是24V和5V
- ◆ 2通道输出，单通道输出功率2W
- ◆ 驱动芯片直接输出峰值拉灌电流10A，无须外置推动级
- ◆ 可支持驱动1200V的功率器件(SiC MOSFET)

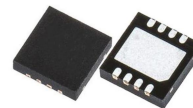
■ 基本半导体可单独提供的三款零件

- ◆ SiC MOSFET驱动板BSRD-2423-ES01所应用到的三款零件为基本半导体自主研发产品，用户可单独使用以下零件进行整体方案的设计。



双通道隔离变压器

型号: TR-P15DS23-EE13
封装: EE13
输出功率: 2W(每通道)



正激DCDC电源芯片

型号: BTP1521F
封装: DFN3*3
输出功率: 6W

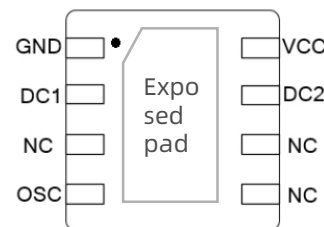


单通道隔离驱动芯片

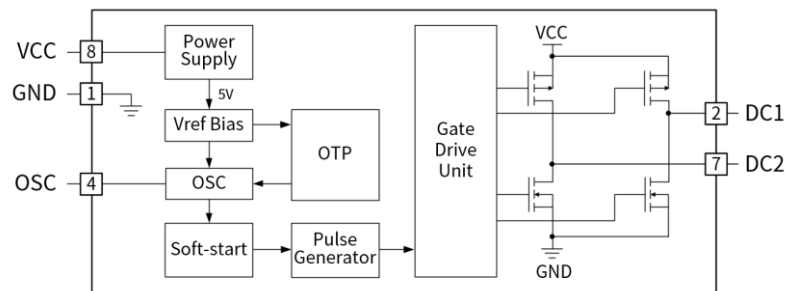
型号: BTD5350MCWR
封装: SOW-8 (宽体)

隔离驱动专用正激DC-DC芯片BTP1521x

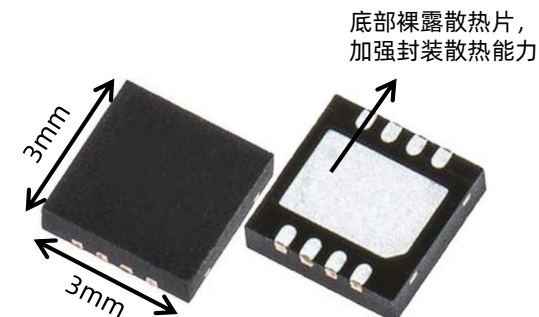
- 输出功率可达6W
- 适用于给隔离驱动芯片副边电源供电
- 正激电路（H桥逆变或推挽逆变）
- 软启动时间1.5ms
- 工作频率可编程，最高工作频率可达1.3MHz
- VCC供电电压可达24V
- VCC欠压保护点4.7V
- 工作环境-40~125℃
- 芯片过温保护点150℃, 过温恢复点120℃
- 超小体积封装



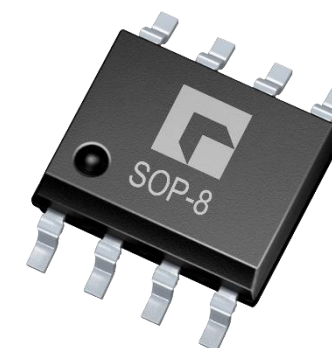
管脚示意顶视图



原理框图

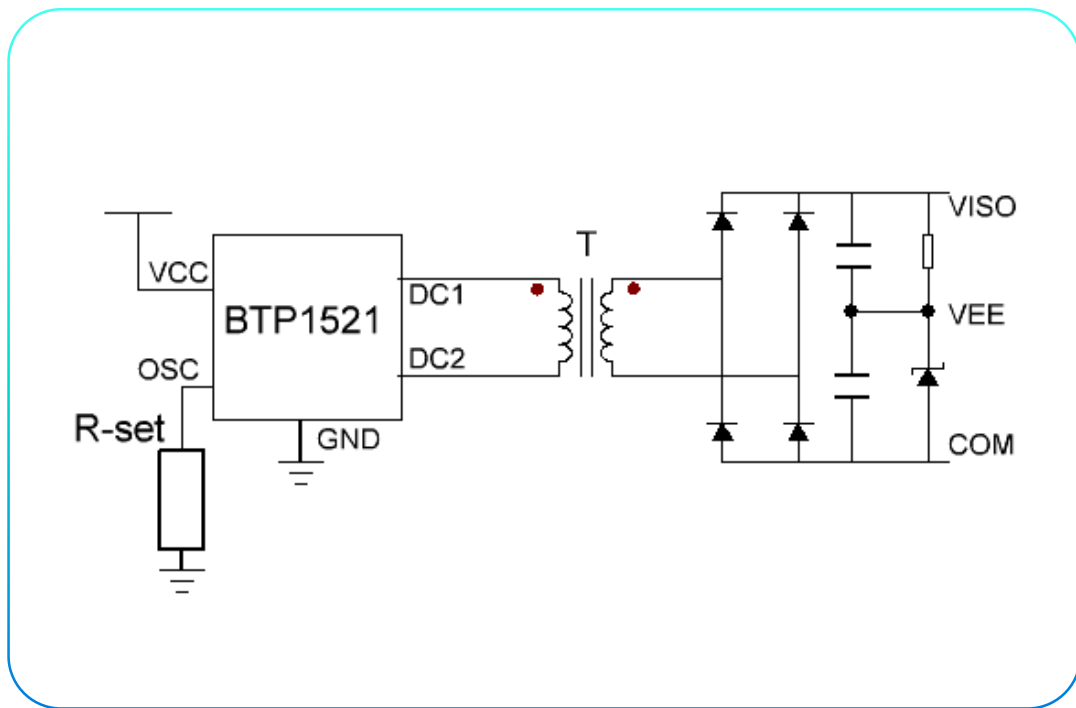


型号: BTP1521F
封装: DFN3*3-8



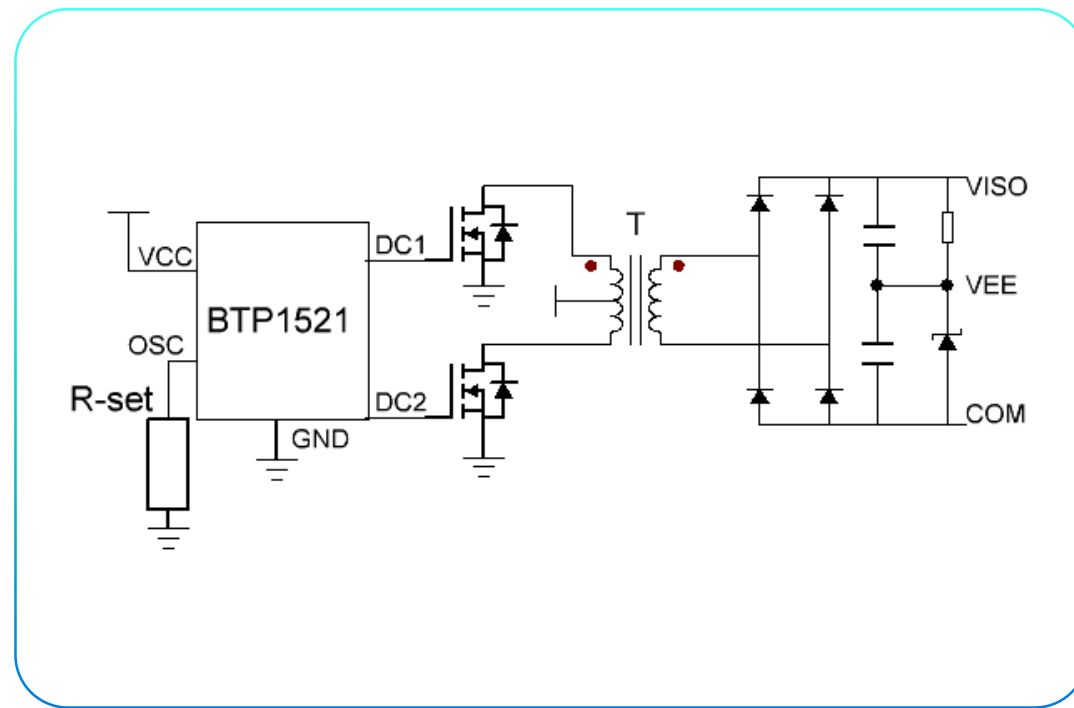
型号: BTP1521P
封装: SOP-8

- DC1和DC2接变压器原边线圈，副边二极管桥式整流，组成开环的全桥拓扑（H桥逆变），输出功率可达6W, 输出经过电阻和稳压管分压后构成正负压，供SiC MOSFET使用，非常适用于给隔离驱动芯片副边电源供电。



BTP1521推荐电路（功率6W情况下）

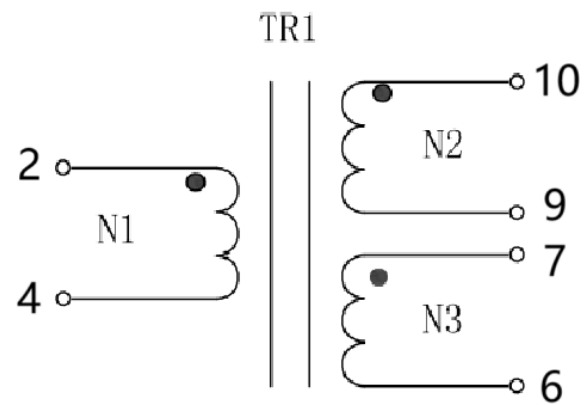
- 当副边需求功率大于6W时，可以使用推挽逆变拓扑，通过DC1和DC2端控制外接的 MOSFET 来增加输出功率。



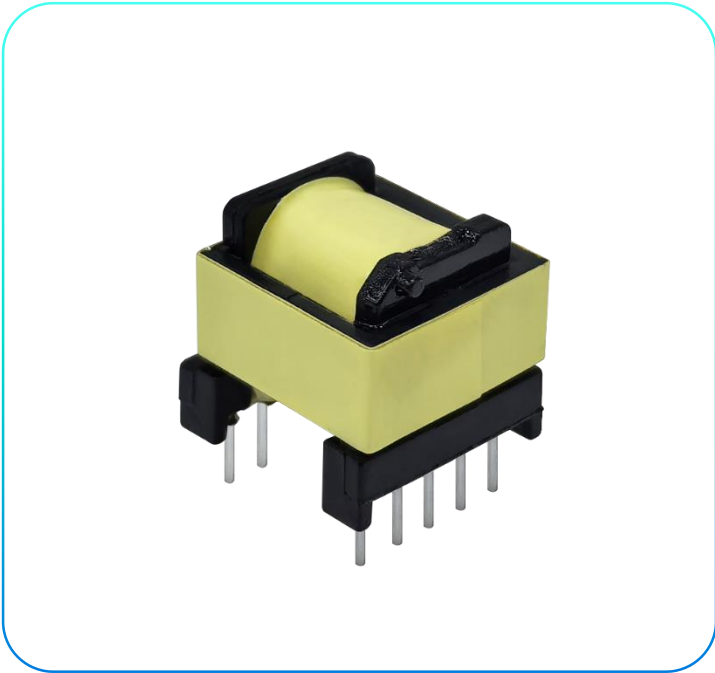
BTP1521推荐电路（功率大于6W情况下）

双通道隔离变压器TR-P15DS23-EE13介绍

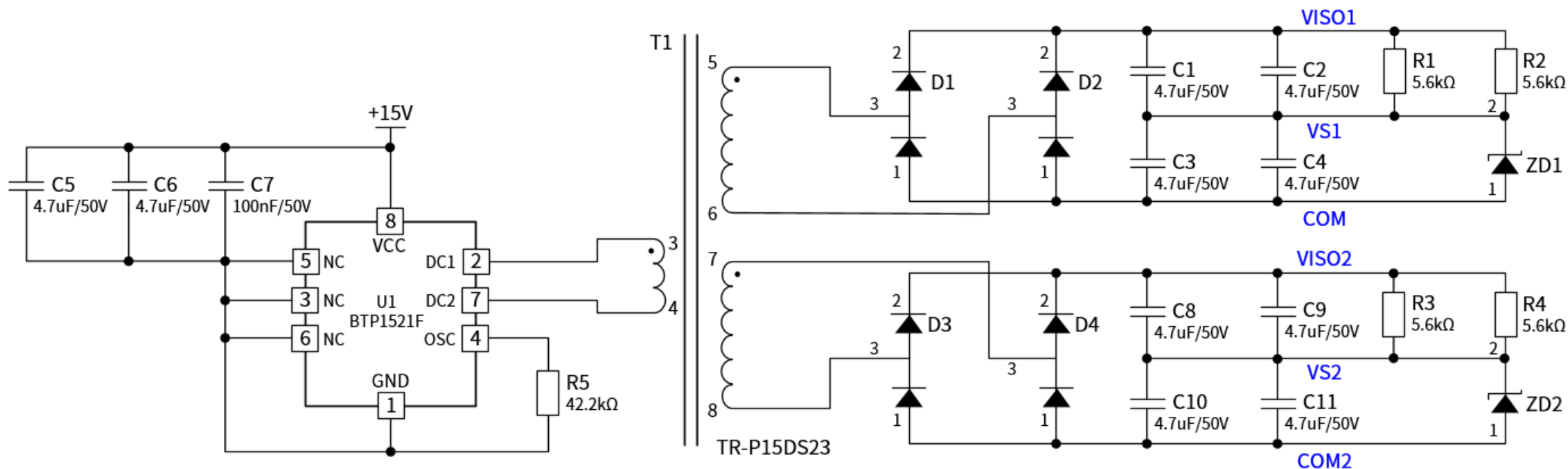
- TR-P15DS23-EE13是驱动器专用的隔离电源变压器，采用EE13骨架，可实现驱动器隔离供电，传输功率可达4W（每通道2W）
- 原理框图，N1原边线圈，N2和N3是副边线圈
- 采用EE磁芯，磁芯材质铁氧体



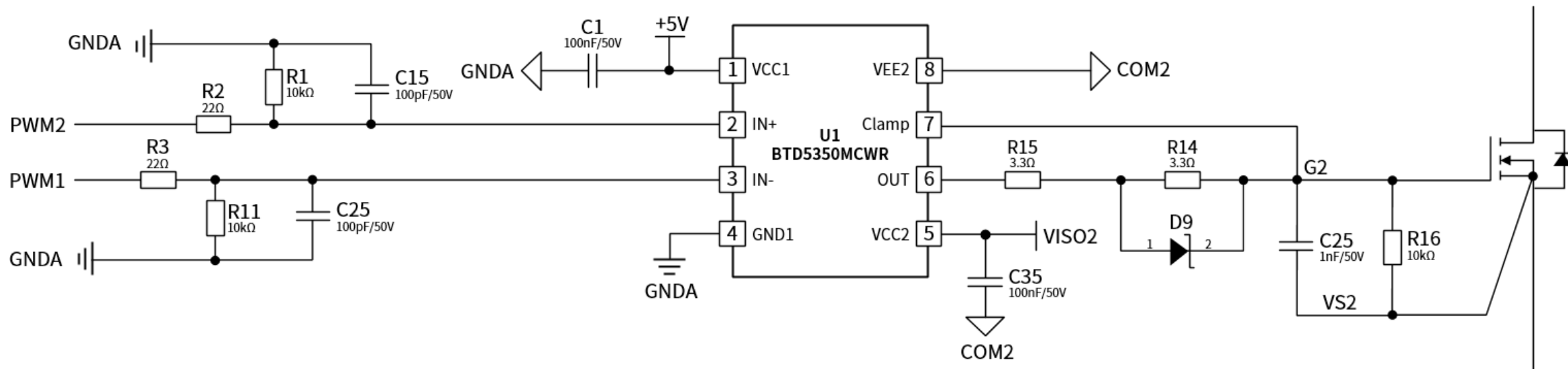
参数	数值	单位
N1线圈电感量	145	μH
N2线圈电感量	326	μH
N3线圈电感量	326	μH
N1线圈匝数	10	匝
N2和N3线圈匝数	15	匝
N1线圈内径	0.2	mm
N2线圈内径	0.2	mm
N3线圈内径	0.2	mm



BTP1521F搭配隔离变压器TR-P15DS23-EE13典型应用介绍

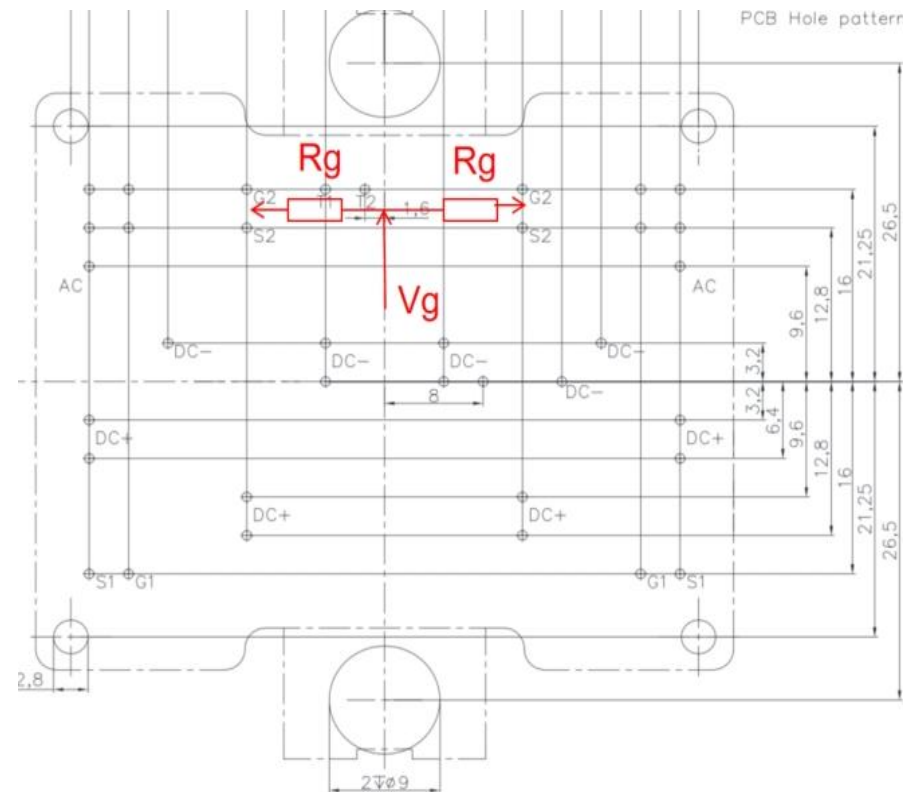


- 全桥式拓扑，副边两路输出，单路输出功率可达2W，总输出功率4W
- 输入电压15V，副边全桥整流输出全电压（VISO-COM=23V）
- 输出全电压通过4.7V的稳压管，将全电压拆分成正电压（VISO-VS=18V），负电压（COM-VS=-4V）
- BTP1521F的OSC管脚通过电阻R5=42.2kΩ接地，设置工作频率为F=477kHz
- 工作频率可以通过RF-set电阻设置，本公式提供了RF-set(kΩ)和F(kHz)之间的关系（典型值）：
$$F = \frac{1}{44.4R + 223} \times 10^6$$



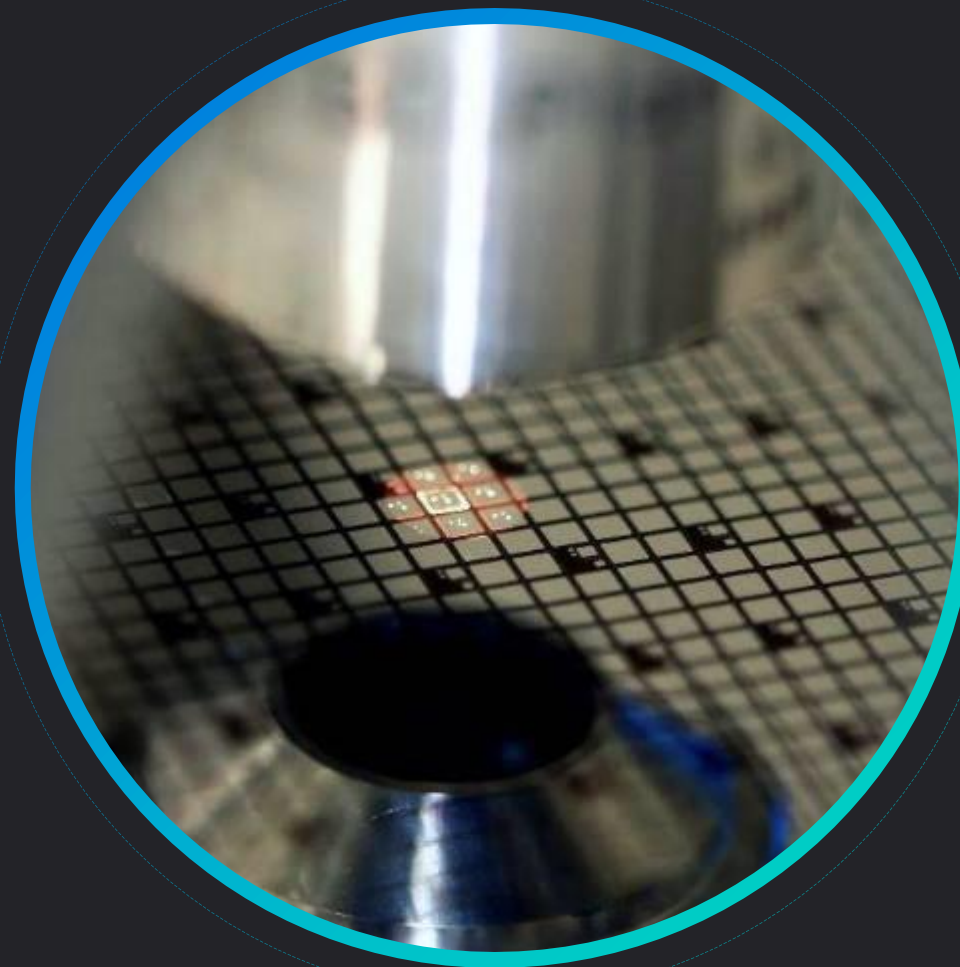
- 原方VCC1供电电压5V
- BTD5350xx是电压型输入的容隔驱动，输入IN是高阻抗，如果输入信号PCB布线不合理，容易导致输入信号受到干扰，驱动芯片会误动作，建议在PWM输入接电阻R11=10kΩ到地（甚至更低的电阻），目的是使得PWM信号的线路上能产生足够的电流，可以避免芯片输入IN脚受到干扰，同时靠近芯片IN脚接滤波电容C25=100pF到地
- 副方电源VISO2接+18V，COM2接-4V，G2连接到主功率板上的门极电阻
- 驱动芯片米勒钳位MC2连接到主功率板上SiC MOSFET门极
- 当R3=22Ω，上下两通道可以实现互锁模式,当去掉R3，上下通道独立控制，无互锁功能

- 由于BMF240R12E2G3的上下桥臂各自引出两组栅极
- 从驱动的角度看，相当驱动双管并联的桥臂
- 如图所示，能实现SiC MOSFET的并联均流是关键，需要保证开通和关断的驱动一致性，驱动芯片输出OUT脚分别串入电阻 R_g 到门极G
- BMF240R12E2G3的上管及下管有2套门极和源极的信号针，其内部是连在一起的（两套G2,S2，两套G1,S1），需要从驱动器用两个驱动电阻分别连接到两个G2

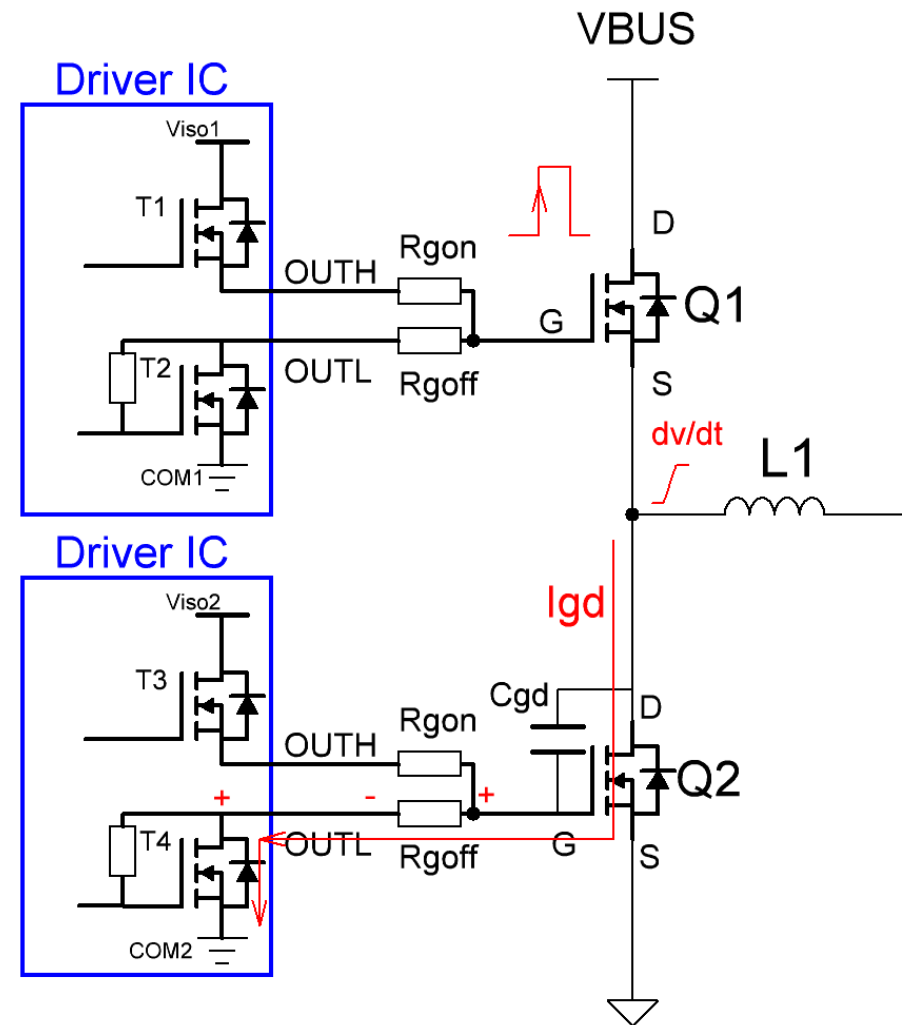


04

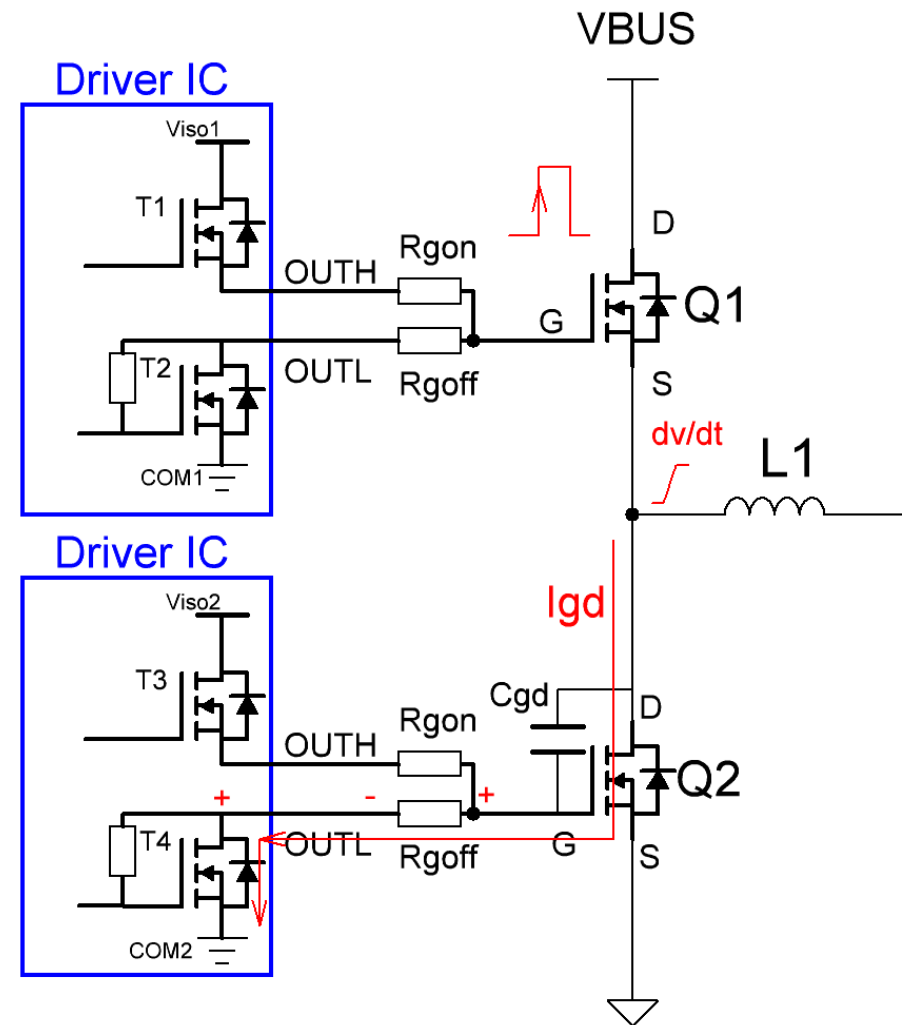
驱动SiC MOSFET使用 米勒钳位功能的必要性



- 在桥式电路中，功率器件会发生米勒现象，它是指当一个开关管在开通瞬间，使对管的门极电压出现顶起来的趋势
- 该现象广泛存在于功率器件中，包括IGBT，Si MOSFET，SiC MOSFET
- 原理分析：当下管Q2保持关闭，在上管Q1开通瞬间，桥臂中点电压快速上升，桥臂中点dv/dt的水平，取决于上管Q1的开通速度。该dv/dt，会驱动下管Q2的栅漏间的寄生电容 C_{gd} 流过米勒电流 I_{gd} ； $I_{gd}=C_{gd} \cdot (dv/dt)$ ，dv/dt越大，米勒电流 I_{gd} 越大
- 米勒电流 I_{gd} （红色线）的路径： $C_{gd} \rightarrow R_{goff} \rightarrow T4 \rightarrow$ 负电源轨，产生左负右正的电压
- $V_{gs}=I_{gd} \cdot R_{goff} +$ 负电源轨，这个电压叠加在功率器件门极，Vgs会被抬高，当门极电压超过 V_{gsth} ，将会使Q1出现误开通，从而造成直通现象



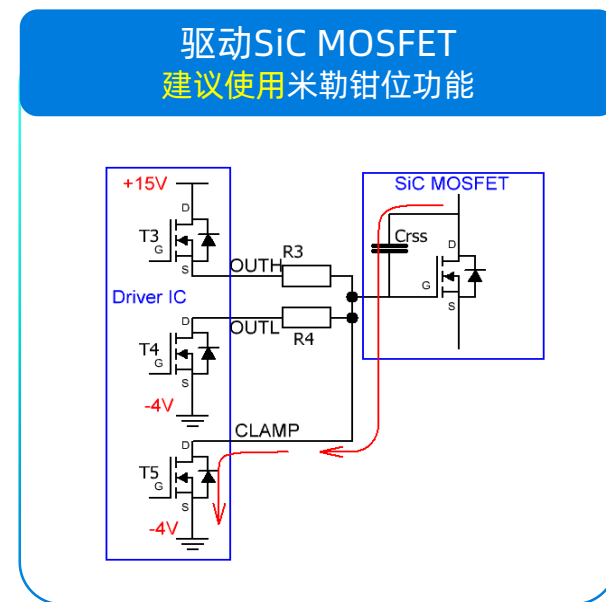
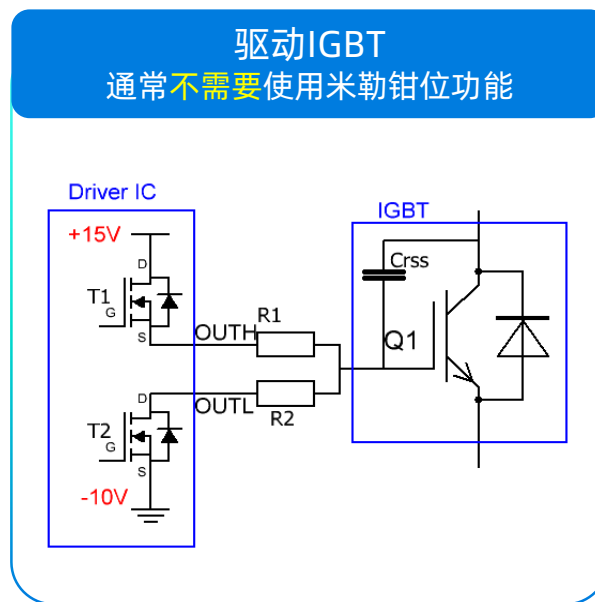
- 使用门极电压的负压进行负偏置，使负压足够“负”
- 提高器件的门极的阈值电压（设计选型时选高 V_{gsth} 的器件）
- R_{goff} 数值减小（ R_{goff} 是米勒现象影响程度的主要贡献者之一，数值越大，米勒现象越糟糕）
- 减慢功率器件的开通速度
- 使用米勒钳位功能

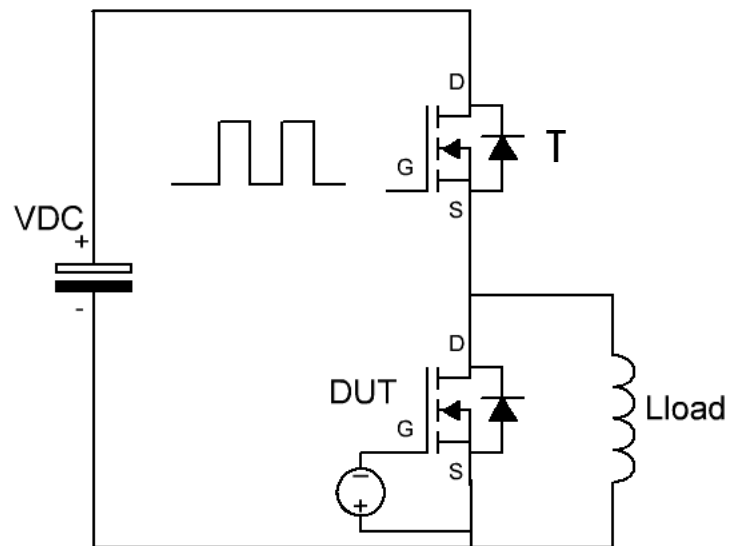


参数和性能	IGBT	SiC MOSFET	单位	说明
门极负压极限值 V_{GS-}	-25	-8	V	1: IGBT门极对驱动负压的忍耐能力明显优于SiC MOSFET 2: SiC MOSFET的实战的驱动负压通常在-2~-4V的水平 3: IGBT的驱动负压通常在-8~-15V，腾挪空间明显多于SiC MOSFET
开启电压 $V_{GS(th)}$	5.5	1.8~2.7	V	1: SiC MOSFET开启电压低，容易误开通 2: SiC MOSFET的 $V_{GS(th)}$ 随着TJ温度上升而下降，在高温时，更容易误开通
开关速度	100	200	%	米勒电流 $I_{gd}=C_{gd} \cdot (dv/dt)$ ， dv/dt 越大， I_{gd} 越大，越容易误开通

驱动方案

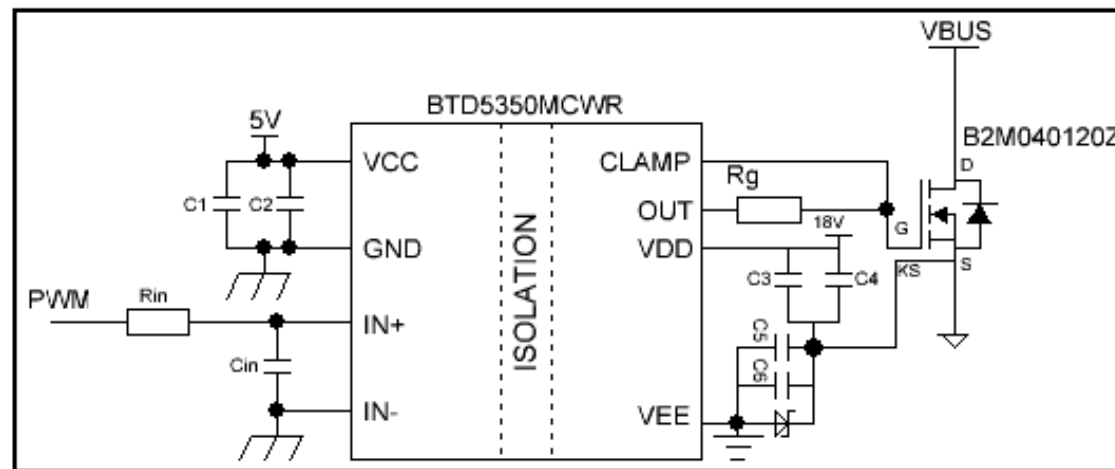
- 驱动芯片的米勒钳位脚（Clamp）直接连接到SiC MOSFET的门极，米勒电流 I_{gd} （红色线）会流经 $C_{gd} \rightarrow T5$ 到负电源轨，形成了一条阻抗更低的门极电荷泄放回路。
- 驱动芯片内部比较器的翻转电压阈值2V（相对芯片地），在SiC MOSFET关断期间，当门极电压低于2V时，比较器输出从低电平翻转到高电平，MOSFET (T5)被打开，使得门极以更低阻抗拉到负电源轨，从而保证SiC MOSFET负电压被更有效关断，达到抑制误开通的效果。



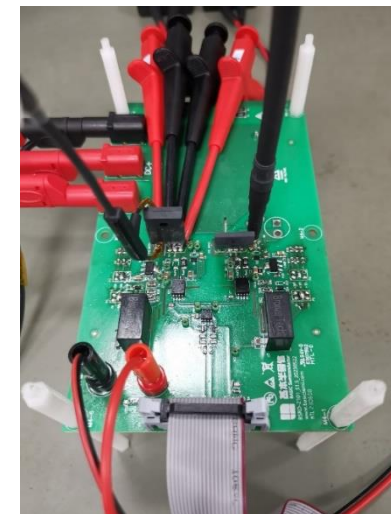


双脉冲原理图

- ◆ 上管(T)作为开关管接收脉冲PWM信号，下管(DUT)处于关断状态，体二极管续流
- ◆ 由于米勒现象，在上管(T)开通时，下管(DUT)门极电压会产生波动
- ◆ 因此通过观察下管(DUT)门极电压来判断米勒钳位功能的作用

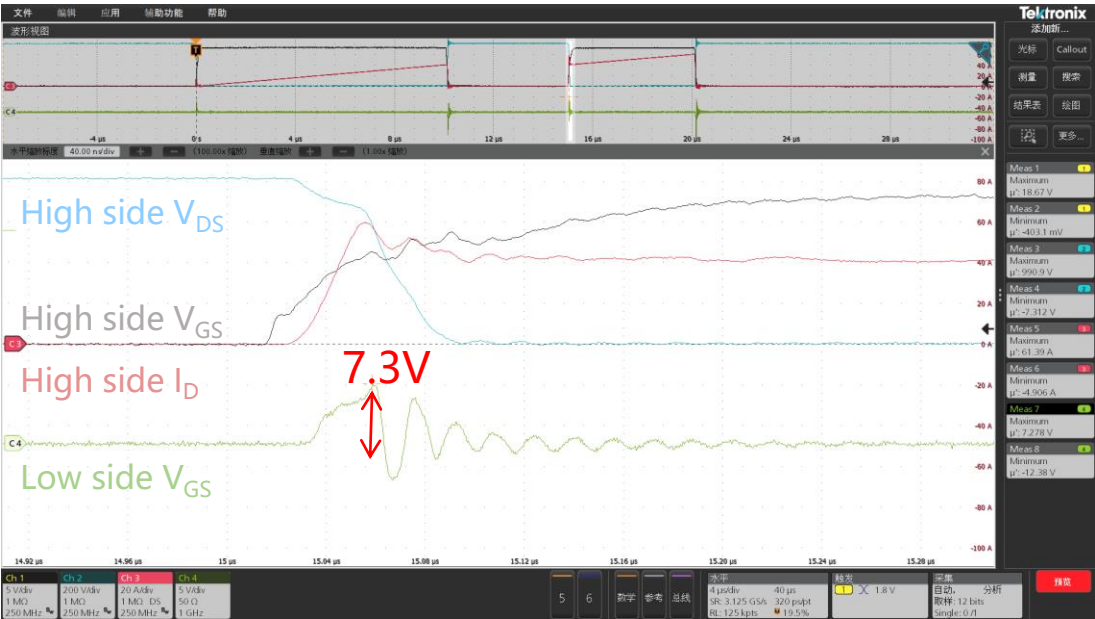


米勒钳位功能原理图



米勒钳位作用//双脉冲平台实测对比

测试条件: 上管 $V_{GS}=0V/+18V$, 下管 $V_{GS}=0V$; $V_{DS}=800V$; $I_D=40A$; $R_g=8.2\Omega$; $L_{load}=200\mu H$; $T_a=25^{\circ}C$



无米勒钳位

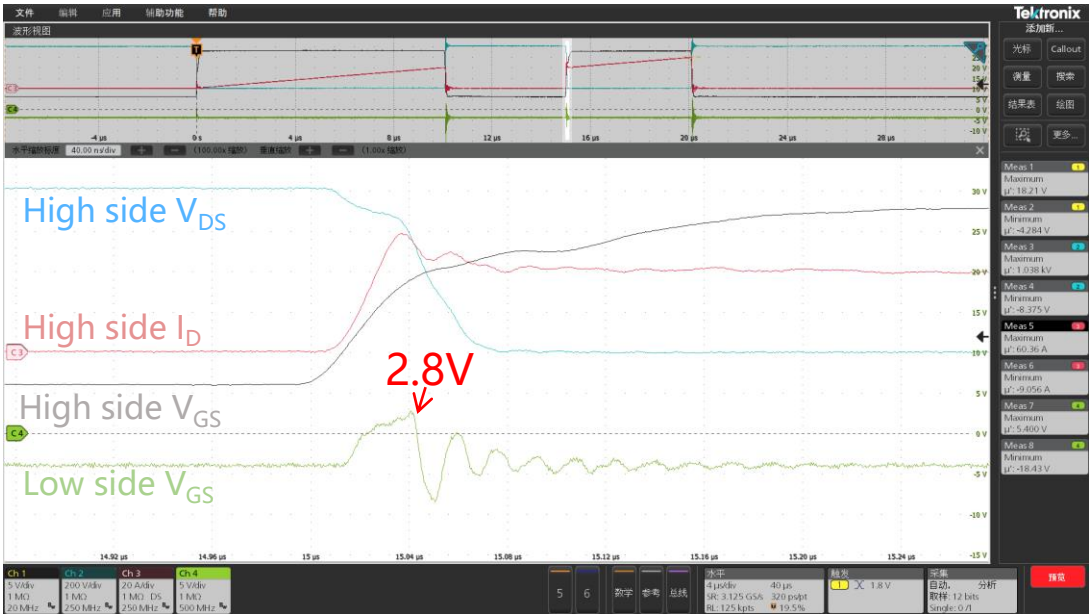


有米勒钳位

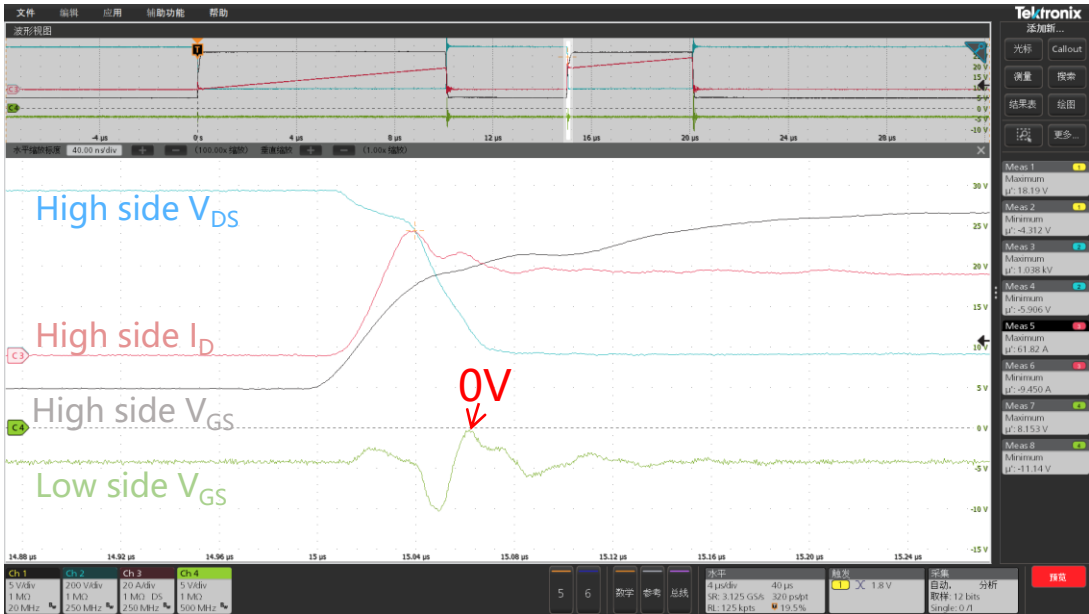
结论	无米勒钳位			单位
	dv/dt	14.51	14.76	
	di/dt	2.24	2.24	
	下管 V_{GS}	7.3	2	

米勒钳位作用//双脉冲平台实测对比

测试条件: 上管 $V_{GS}=-4V/+18V$, 下管 $V_{GS}=-4V$; $V_{DS}=800V$; $I_D=40A$; $R_g=8.2\Omega$; $L_{load}=20\mu H$; $T_a=25^{\circ}C$



无米勒钳位



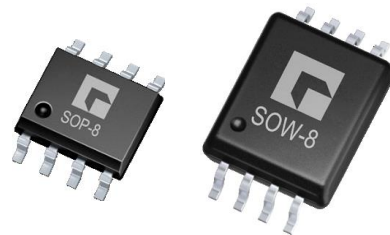
有米勒钳位

结论		无米勒钳位	有米勒钳位	单位
	dv/dt	14.51	14.76	kV/us
	di/dt	2.24	2.24	kA/us
	下管 V_{GS}	2.8	0	V

单通道带米勒钳位隔离驱动BTD5350Mx系列介绍

产品特性

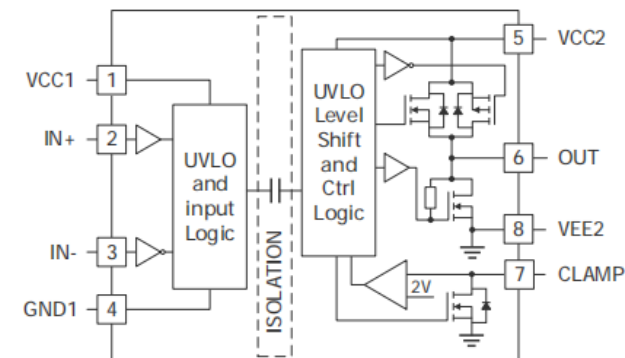
- ◆ 专为SiC MOSFET驱动的门极驱动芯片
- ◆ 副方驱动器带米勒钳位功能脚clamp BTD5350M
- ◆ 驱动器输出峰值电流可达10A
- ◆ 驱动器电源全电压高达33V



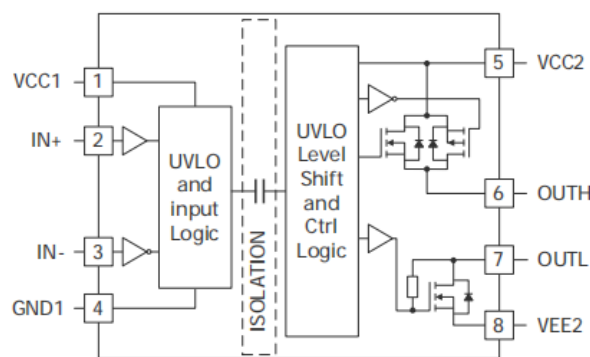
典型应用

- ◆ 工业电源
- ◆ 锂电池化成设备
- ◆ 商业空调
- ◆ 通信电源
- ◆ 光伏储能一体机
- ◆ 焊机电源

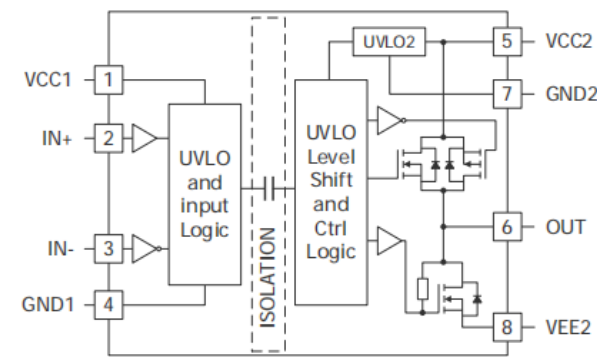
副方驱动器电源欠压保护点	封装
8V	SOW-18(宽体) SOP-8(窄体)
11V	



型号: BTD5350M



拓展型号: BTD5350S 开通和关断分开

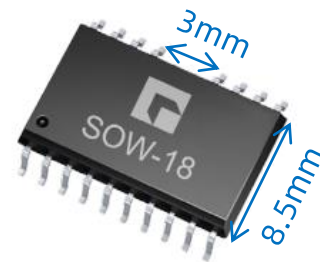


拓展型号: BTD5350E 副边正电压UVLO

双通道带米勒钳位隔离驱动BTD25350xx (创新产品)

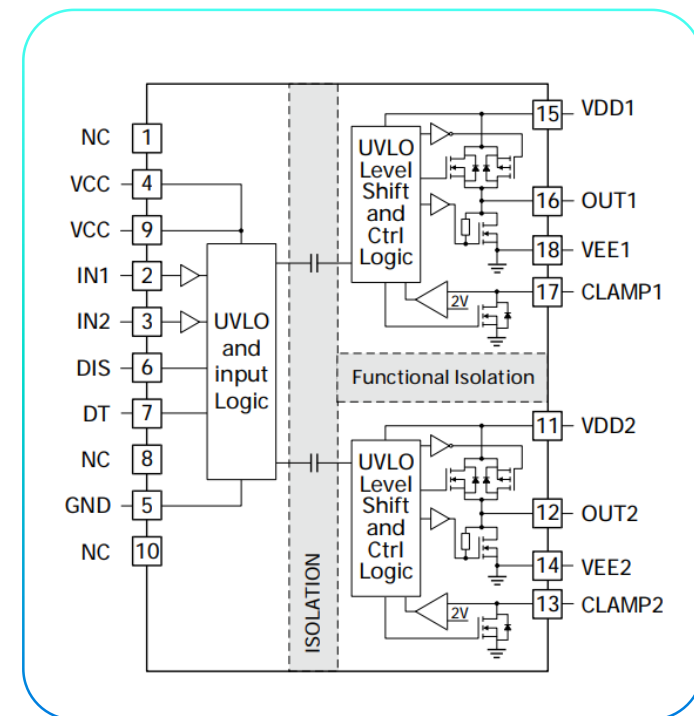
产品特性

- ◆ 专门给SiC MOSFET驱动的门极驱动芯片
- ◆ 原方带使能禁用脚DIS，死区时间设置脚DT
- ◆ 副方驱动器带米勒钳位功能脚clamp
- ◆ 驱动器输出峰值电压可达10A
- ◆ 驱动器电源全电压高达33V
- ◆ 原副方封装爬电间距大于8.5mm，绝缘电压可以5000Vrms
- ◆ 副方两驱动器爬电间距大于3mm



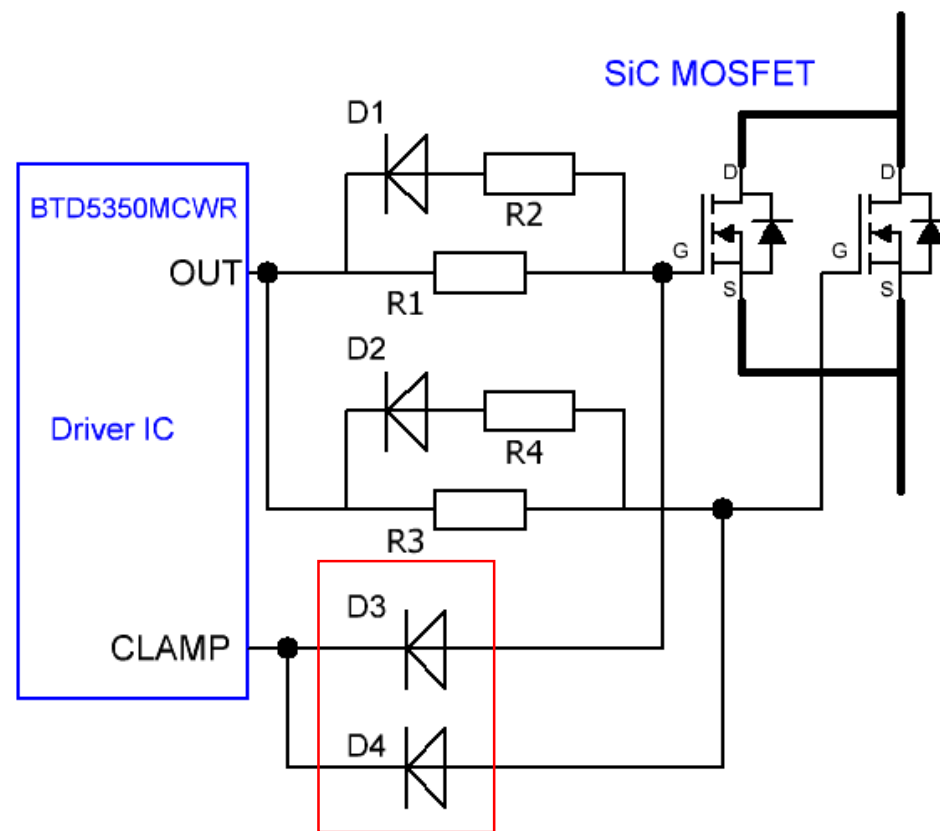
应用方向

- ◆ 充电桩中后级LLC用SiC MOSFET 方案
- ◆ 光伏储能BUCK-BOOST中SiC MOSFET方案
- ◆ 高频APF，用两电平的三相全桥SiC MOSFET方案
- ◆ 空调压缩机三相全桥SiC MOSFET方案
- ◆ 焊机电源全桥拓扑SiC MOSFET方案
- ◆ 服务器交流侧图腾柱PFC高频臂GaN或者SiC方案



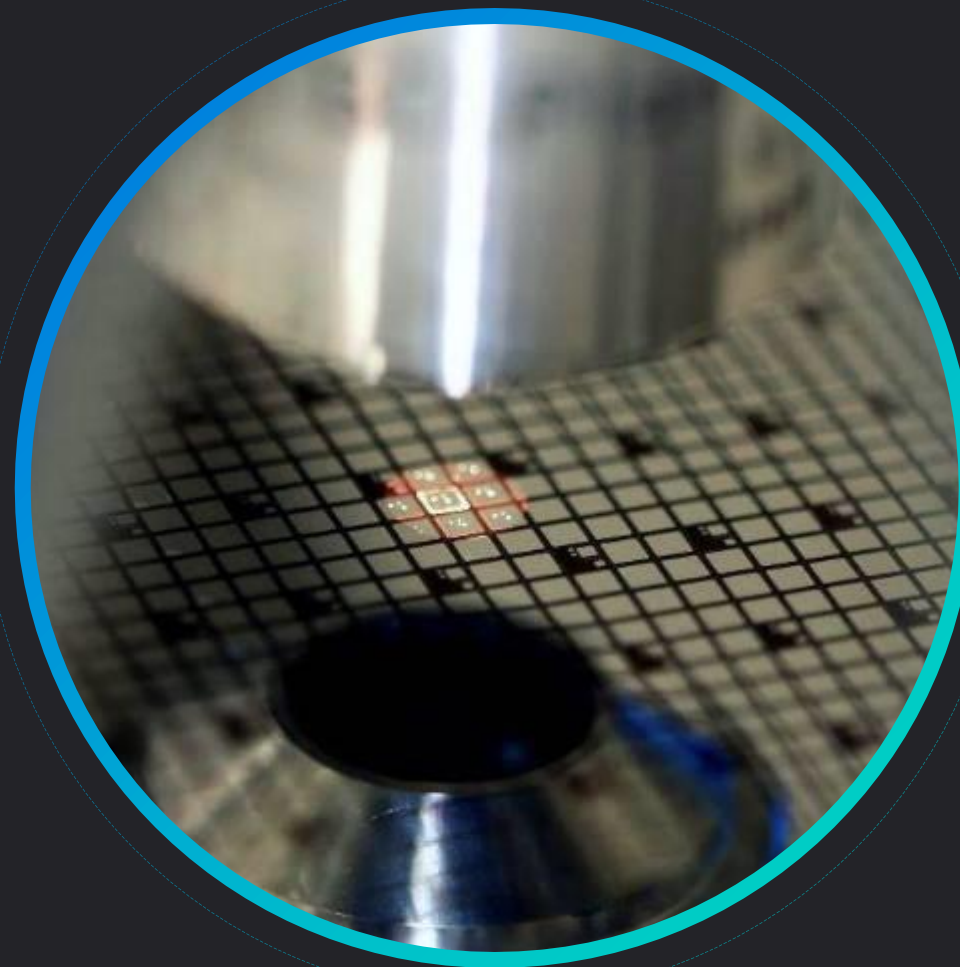
副方驱动器电源欠压保护点	封装
8V	SOW-18(宽体)
11V	

- 当多管并联时，能实现SiC MOSFET的并联均流是关键，需要保证开通和关断的驱动一致性，一般的方法是驱动芯片OUT脚分别串入电阻到门极G，且每个门极有各自的门极电阻，如右图所示。
- 需要使用米勒钳位功能时，为了不破坏驱动回路的一致性，建议在米勒钳位脚Clamp连接到SiC MOSFET门极G分别串入二极管。如右图所示D3和D4。
- D3和D4一般选取低压降的肖特基二极管。

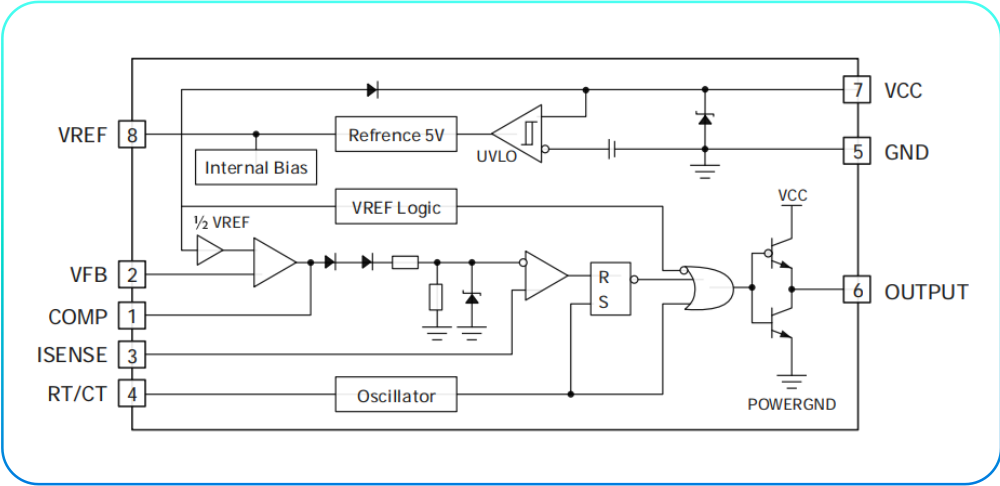


05

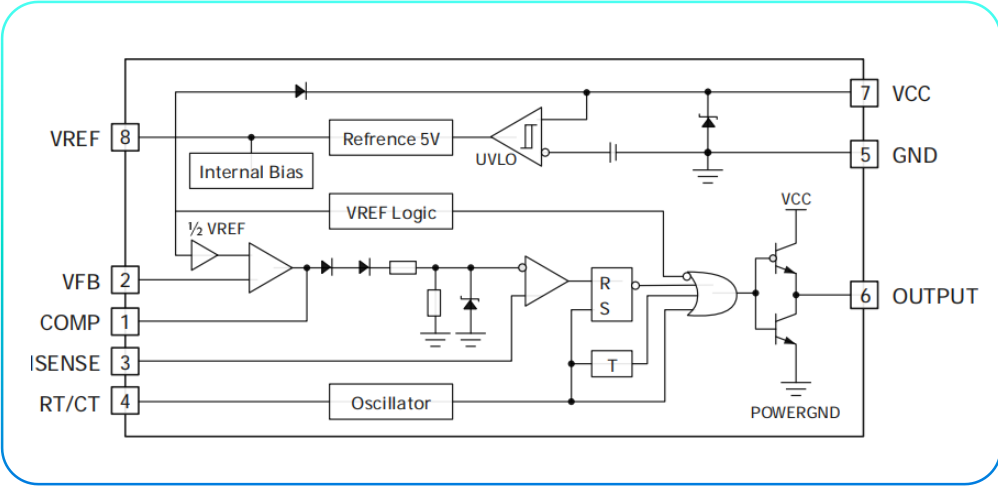
125kW工商业PCS辅助
电源解决方案



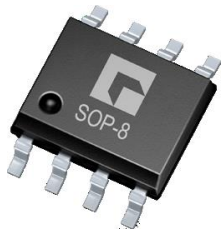
产品型号	欠压保护值	欠压恢复值	占空比	工作温度	驱动峰值电流	最大工作频率	封装	兼容型号			
								T***	O***	S***	U***
BTP2842DR	10V	16V	100%	-40℃~105℃	1A	500kHz	SOP-8	UCx842	UCx842	UCx842	UCx842
BTP2843DR	7.6V	8.4V	100%	-40℃~105℃	1A	500kHz	SOP-8	UCx843	UCx843	UCx843	UCx843
BTP2844DR	10V	16V	50%	-40℃~105℃	1A	500kHz	SOP-8	UCx844	UCx844	UCx844	UCx844
BTP2845DR	7.6V	8.4V	50%	-40℃~105℃	1A	500kHz	SOP-8	UCx845	UCx845	UCx845	UCx845

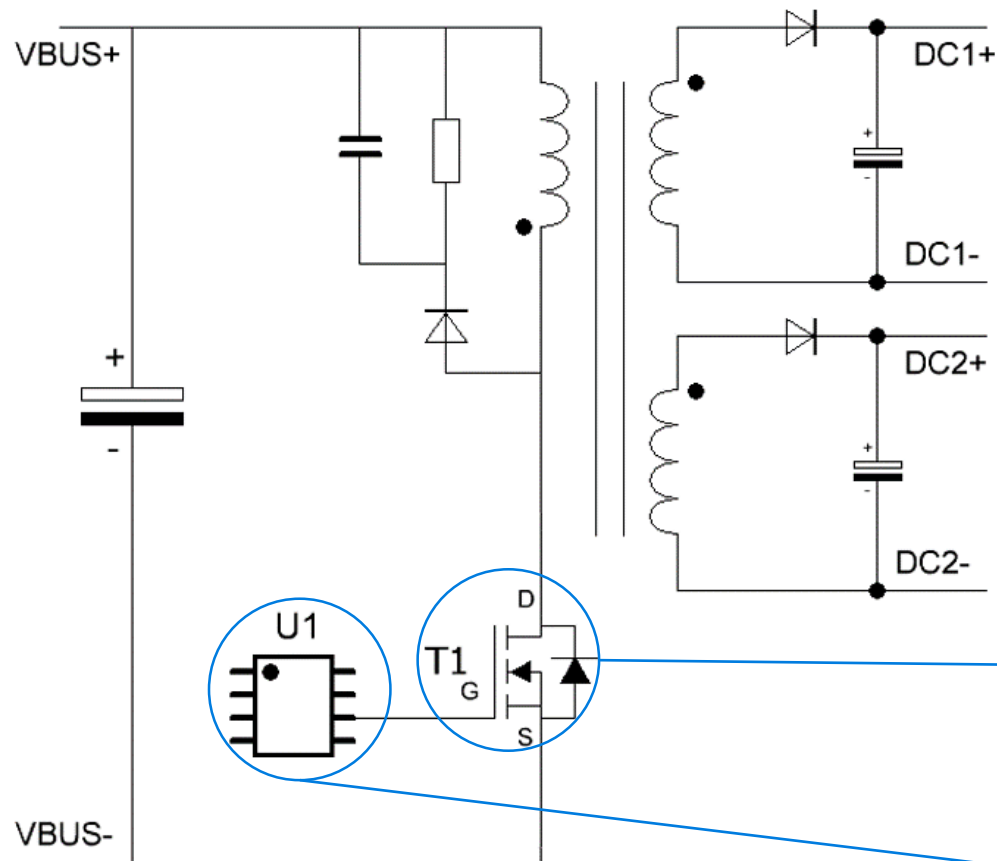


BTP2842DR, BTP2843DR



BTP2844DR, BTP2845DR





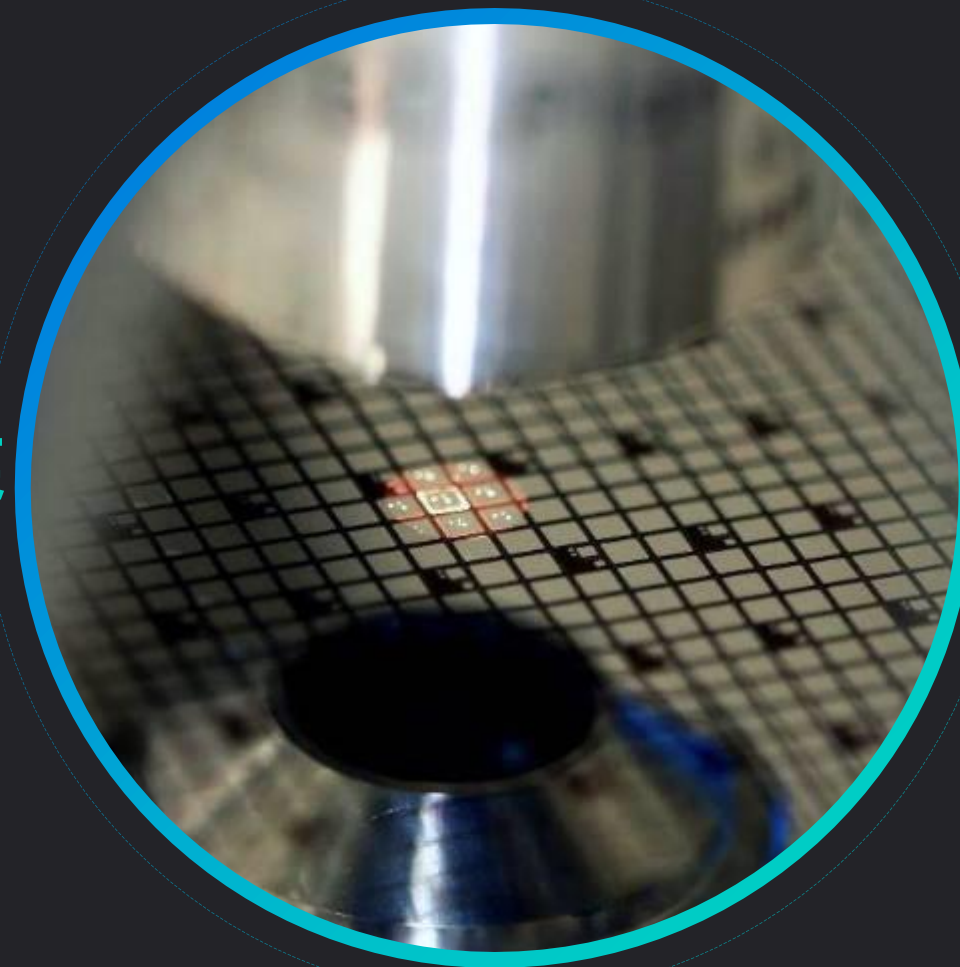
- 采用单管单端反激拓扑
- 输入电压600V~1000V
- 输出总功率可达50W

原边开关管采用SiC MOSFET ,规格1700V/600mR;
型号B2M600170R (TO-263B-7) 或B2M600170H (TO-247-3)

电源芯片采用BTP284xx

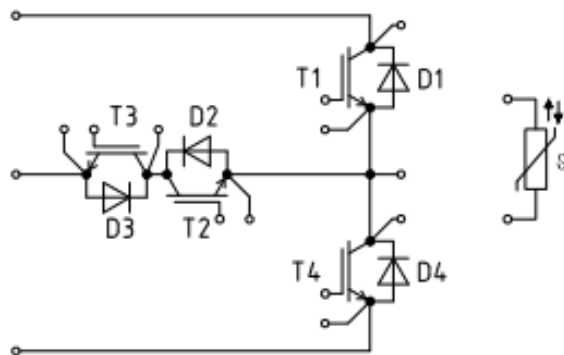
06

使用IGBT的三电平方案的 125kW工商业PCS驱 动板解决方案



T型三电平应用在125kW工商业PCS中的驱动板解决方案

- 四通道即插即用驱动板4QP0115T-3L-I，专为T型三电平IGBT模块设计(EconoPACK4封装)
- 原副方采用基本半导体自主设计的ASIC芯片
- 内置4个隔离DC-DC电源
- 输入电源电压15V，驱动电压+15V/-10V
- 单通道1W输出功率，峰值电流为±15A
- 电源欠压保护功能
- 短路退饱和保护和软关断功能
- 有源钳位功能
- 每个通道带故障SO输出功能
- PWM信号输入端具有施密特特性，可以准确识别出3.3V到15V之间的逻辑电平



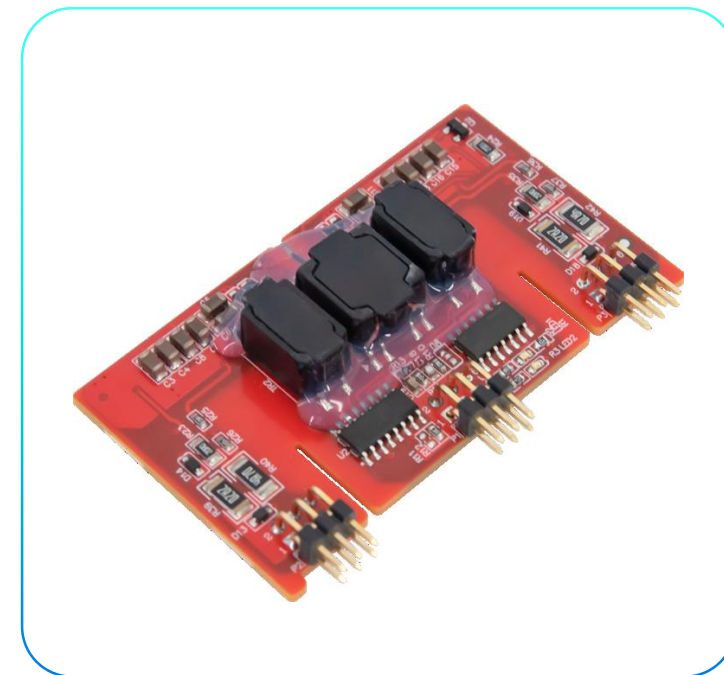
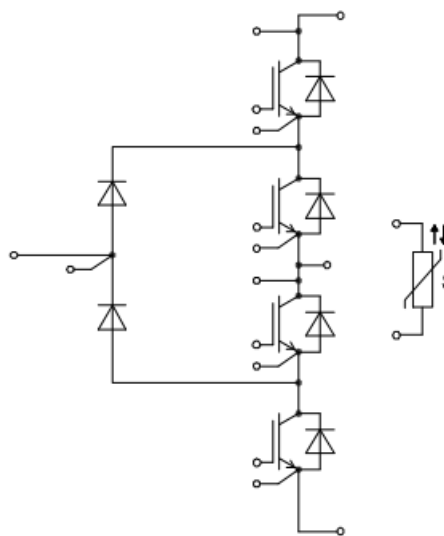
型号：4QP0115T-3L-I



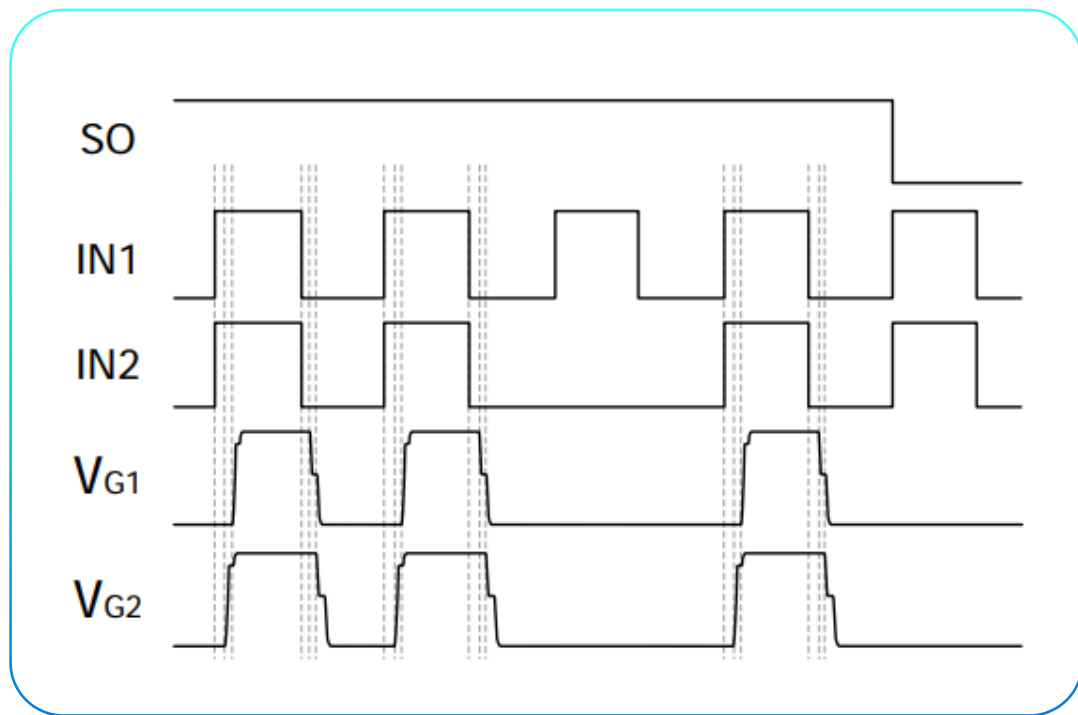
驱动板所配合的IGBT模块F3L400R12PT4

125kW工商业PCS使用I型三电平拓扑的驱动板解决方案

- 双通道驱动板 2QD0225T12-Q, 专为1200V以下的I型三电平IGBT模块设计
- 短路退饱和保护和软关断功能
- 支持IGBT短路保护时, 内外管的关断逻辑协调
- 原副方采用基本半导体自主设计的ASIC芯片
- 内置隔离DC-DC电源
- 工作频率可达20kHz
- 输入电源电压15V, 驱动电压+15V/-10V
- 单通道2W输出功率, 峰值电流为±25A
- 电源欠压保护功能
- 兼容 5V/15V 输入逻辑
- 集成逻辑开关时序
- 集成故障关断时序

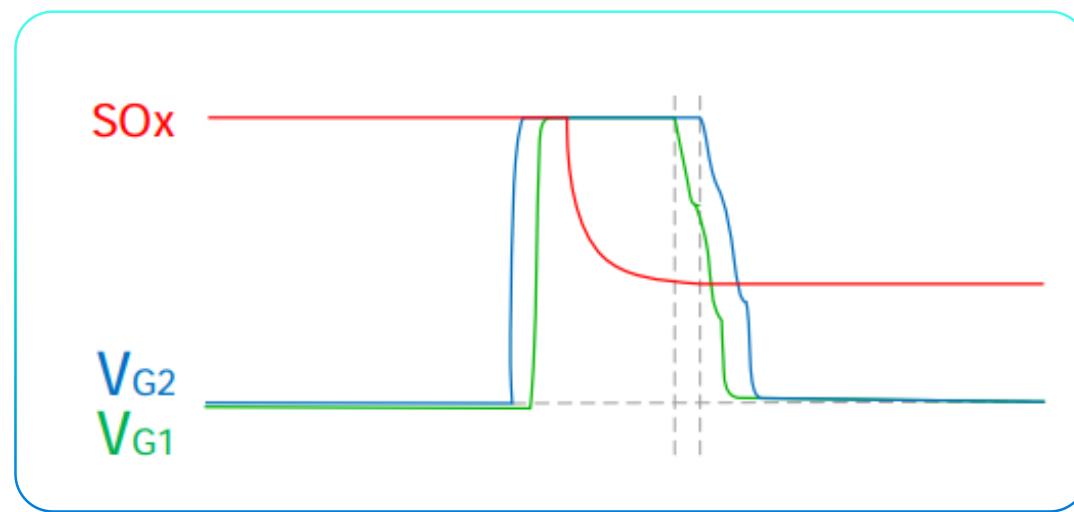


- 任何时刻内管 V_{G2} 先于外管 V_{G1} 开通，延迟于外管 V_{G1} 关断（内外管开关延迟时间可设定），且只有在内管 V_{G2} 有开通信号的前提下，外管 V_{G1} 才能开通，否则外管 V_{G1} 输入信号IN2被锁定。



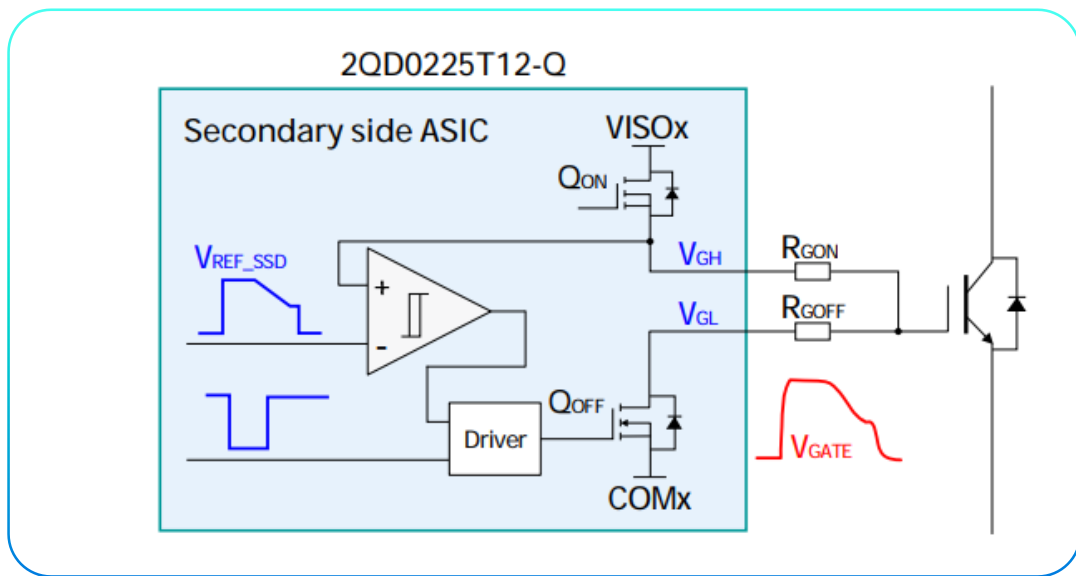
时序逻辑图

- 当内管 V_{G2} 检测到故障时，内管 V_{G2} 不会立即进行软关，而是延迟一段时间进入软关，目的是将故障信息反馈给外管，先让外管 V_{G1} 进行软关断，然后再让内管 V_{G2} 进行软关。
- 当外管 V_{G1} 检测到故障时，外管 V_{G1} 会立即进行软关断，同时向原边发出故障信息进行封波，此情况下内管 V_{G2} 只能通过原边封波进行硬关断。

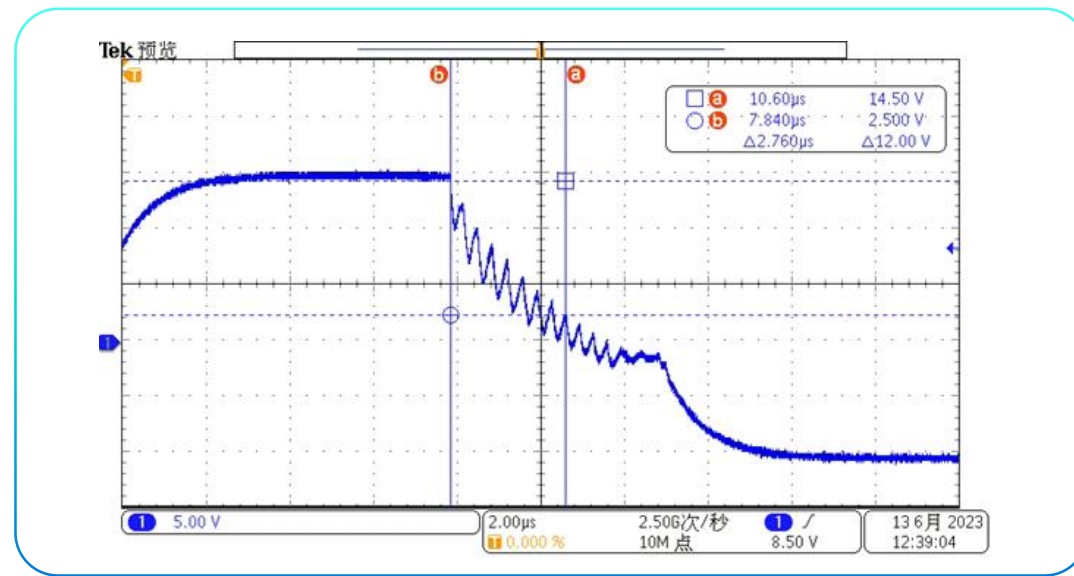


故障关断时序逻辑图

- 芯片内部一旦检测到故障信号（短路故障或者欠压故障），芯片快速关闭 Q_{ON} ，此时IGBT门极电压不变。
- 基准 V_{REF_SSD} 按照固定的斜率下降， V_{GH} 与 V_{REF_SSD} 就存在差值，比较放大模块对电压差值进行比较放大，产生一个控制电压。
- Driver模块对输入的控制电压做出响应，产生关断电压，使得门极电压缓慢下降， V_{GH} 也随着门极电压下降。
- 当 V_{GH} 下降得较大时， V_{GH} 比 V_{REF_SSD} 小，Driver模块就会关闭 Q_{OFF} ，控制门极电压的下降速度，不断的重复这个过程。
- 最终门极电压始终保持和内部 V_{REF_SSD} 电压同样的趋势下降，达到软关断的目的。软关断的时间为2us，门极电压降到0V时，门极直接硬关断。



软关断示意图



软关断实测门极波形

“

BASiC – Vision For A Leading
Innovative SiC Company

”

