5G电源技术

许逵炜

2021.04.14

- 一、载浮信息流的电能演化与5G电源
- 二、全寿命能效概念
- 三、功率器件演化与选型
- 四、基于全寿命能效PFC演化与多阶模块化设计
- 五、全寿命能效LLC拓扑与磁集成关键设计
- 六、电源矢量理论与控制

5G电源





- 效率与响应速度



ID 功率器件演化与选型 <u>从LLC</u>感受MOSFET数据及那些隐形性能的影响 S VDS **RDSON**

MOSFET V_{DSS}, I_D, R_{DSON}, T_{jmax}, E_{on}, E_{off}...

erformance Para	ameters			_							
Value	Unit										
650	V				V _{DSS} =K V _{DSmax} K=1.5						
31	mΩ			P _{onlo}	oss=R _{DSON}	$_{\rm N} I^2$					
141	nC			Qg=	Qg=Qgs+Qgd TD&Qgs Ton/off&Qgd						
277	A			│ 耐受	耐受冲击电流能力						
16.3	μJ	μJ		│ 空载	动损耗		Package	Silicon Die			
1300	A/µs	A/µs] 体二	极管耐受	受电流速	率	·····································	Rth _(junction-case)	Rth _(case-sink)	
Parameter		0		Value	alues					Rth _(sink)	idme.oo
			Min.	Тур.	Max.	Unit				Dth	th _{fined}
Thermal resistance, junction - case		hJC .		-	0.43	°C/W			*	Rull(sink-ambient)	~
Thermal resistance, junction - ambient			-	-	62	°C/W	/ Heatsink Block				
t	d(on)	-	28	-	ns	V _{DD} =40 <i>R</i> _G =1.8	0V, V_{GS} =13V, I_D =28.8A, Ω; see table 9	_			
t	r	-	9	-	ns	V _{DD} =40 <i>R</i> _G =1.8	0V, V_{GS} =13V, I_D =28.8A, Ω; see table 9	_			
t	d(off)	-	100	-	ns	V _{DD} =40 <i>R</i> _G =1.8	0V, V_{GS} =13V, I_D =28.8A, Ω; see table 9	_			
Fall time t _f		-	2.8	-	ns	V _{DD} =40 <i>R</i> _G =1.8	0V, V_{GS} =13V, I_D =28.8A, Ω ; see table 9	_			
	Parance Para Value 650 31 141 277 16.3 1300	Parameters Value Unit 650 V 31 mΩ 141 nC 277 A 16.3 µJ 1300 A/µs Junction - case r_{thJC} junction - ambient R_{thJC} $t_{d(onf)}$ $t_{d(off)}$	Parameters Value Unit 650 V 31 mQ 141 nC 277 A 16.3 μ J 1300 A/ μ s Symbol , junction - case R_{thJC} , junction - ambient R_{thJA} $t_{d(on)}$ - $t_{d(off)}$ - $t_{d(off)}$ - $t_{d(off)}$ -	Parameters Value Unit 650 V 31 mΩ2 141 nC 277 A 16.3 µJ 1300 A/µs Numbol Nin. 16.3 µJ $\overline{}$ Symbol Min. junction - case R_{thJC} - junction - ambient R_{thJA} - 28 t_d(on) t_r - 99 t_d(off) - 100 t_f - 2.8	Parameters Value Unit V 650 V VDS 31 mΩ Ponl 141 nC Qg 277 A MPG 16.3 μ J T 1300 A/µs Min. Typ. Junction - case R_{thJC} - , junction - ambient R_{thJA} - - $t_{d(onf)}$ - 2.8 - $t_{d(off)}$ - 2.8 -	Value Unit $V_{DSS}=K V_{DSn}$ 31 mΩ $V_{DSS}=R_{DSOI}$ 141 nC $Qg=Qgs+Qg$ 141 nC $M \oslash T$ 2777 A $M \oslash T$ 16.3 μJ μJ 1300 $A/\mu s$ $M \oslash T$ Symbol Min. Typ. Max. , junction - case R_{thJC} - - 0.43 , junction - ambient R_{thJA} - - 62 $t_{d(off)}$ - 100 - ns $t_{d(off)}$ - 100 - ns	Walue Unit 650 V $V_{DSS}=K V_{DSmax}$ K 31 m Ω $P_{onloss}=R_{DSON}$ I^2 141 nC $Qg=Qgs+Qgd$ TD 2777 A $P_{onloss}=R_{DSON}$ I^2 16.3 μJ $Gg = Qgs+Qgd$ TD 1300 $A/\mu s$ $\Phi = \overline{W} = \overline{W} = \overline{W} = \overline{W}$ $Mg = \overline{W} = \overline{W} = \overline{W}$ Symbol Values Unit junction - case R_{thJC} - - 0.43 °C/W , junction - ambient R_{thJA} - - 0.43 °C/W , junction - ambient R_{thJA} - - ns $V_{co=40}$ $f_{d(off)}$ - 100 - ns $V_{co=40}$ $f_{d(off)}$ - 2.8 - ns $V_{co=40}$ $f_{d(off)}$ - 2.8 - ns $V_{co=40}$ $R_{g=1.8}$ - ns $V_{co=40}$ $R_{g=1.8}$ - ns $V_{co=40}$	Prormance Parameters Value Unit Void of the second seco	Parameters Value Unit Void of the second	Parameters Value Unit 650 V VDSS=K VDSmax K=1.5 31 mΩ Ponloss=RDSON I ² 141 nC Qg=Qgs+Qgd TD&Qgs 277 A MB \oplus /m the th the the the the the the the the	Parameters Value Unit 650 V VDSS=K VDSmax K=1.5 31 mΩ Pontoss=RDSON P 141 nC Qg=Qgs+Qgd TD&Qgs ToD <qgd< td=""> 277 A Mip=\pathetatasite1 State State 16.3 μJ Sate Sate Sate Rth_(case-cirk) 16.3 μJ Sate Sate Sate Rth_(case-cirk) 1300 A/\mus Min. Typ. Max. No Rth_(case-cirk) , junction - case Rth_UC - 0.43 °C/W Heatsink Block , junction - ambient Rth_UA - - 62 °C/W Heatsink Block 1 troom - 9 - ns Yoo=400V, Vos=13V, fo=28.8A, Ro=1.80; see table 9 Rth_(case.cirk) 1 troom - 9 - ns Yoo=400V, Vos=13V, fo=28.8A, Ro=1.80; see table 9 Rth_(case.cirk) 1 troom - 100 - ns Yoo=400V, Vos=13V, fo=28.8A, Ro=1.80; see table 9 Rth_</qgd<>











功率器件之基本损耗因子





综合损耗



封装











功率器件关键参数

高禁带器件能效比较(引用)





九大损坏机理之场与热

- 1、雪崩失效(电压失效):也就是我们常说的漏源间的BV_{DSS}电压超过MOSFET管的额 晶片局部过热 定电压,并且超过额定能量从而导致MOSFET管失效。
- 2、栅极电压失效:由于栅极氧化层由于热或异常电压,而导致栅极栅氧层失效。
- 3、静电失效:在秋冬季节,由于人体及设备静电而导致的器件失效。
- 4、谐振失效: 在并联使用的过程中, 栅极及电路寄生参数导致震荡引起的失效。
- 5、体二极管失效:在桥式、LLC等有用到体二极管进行续流的拓扑结构中,由于体 二极管遭受破坏而导致的失效。
- 6、SOA失效(电流失效): 既超出MOSFET管安全工作区引起失效, 分为Id超出器件 规格失效以及I_D过大, 损耗过高器件长时间热积累而导致的失效。
- 7、热疲劳失效。
- 8、辐照由空间高能粒子击穿元件而导致的损坏。
- 9、电动力失效。

晶格约束力与场强 瞬间场强

晶片局热

晶片局部或整体过热 晶片局部或整体过热 热循环应力 晶片局部或整体过热

电磁场力

栅驱动电压: 损耗平衡与安全平衡



基于全寿命能效PFC演化与多阶模块化设计



PFC中的集夫效应









磁集成多元组合趋势



全寿命能效LLC拓扑与磁集成关键设计





二、驱动与能效之一驱动电压vs死区



三、驱动与能效之一环境辐射vs死区









铁扼基波合成磁场为"0"

 印度
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1

五、三相星/三角连接及单/三相变换



三公式七步通用设计校验法

E=4.44FNØm Øm=BmS	式一	一、村	根据电路,计算出需要的变压器或电感电压、电流,并确定用线 种类。如是否用利兹线;单股线径;是否外加强绝缘等。按电
			选取线截面积和外尺寸。
$E=N\frac{d\phi}{dt}$	式二	二、打	按公式一、二计算出需要匝数和最高磁感应强度,根据厂家提供
$d\emptyset = \Delta BS$			磁材损耗曲线,估算铁耗。
		,ī	计算线容量。即选择的磁材尺寸是否能放下这些线。留空太大或
\mathbf{F} —I $\frac{di}{dt}$	式三		太小;都返回步骤二,选取合适磁芯与匹配的线规。
$L^{L}dt$		四、ì	计算线规是否能整偶数层绕制。否则;对线规做微调或加大一号。
			磁芯。
		五、苏	对于漏磁敏感设计;建议一次向临近小尺寸线规调整,二次则向
			高规格调整。
		六、打	打样实测。分别用电感表和双脉冲;测量感值、Q值和饱和电流、
			非线性度,用双臂直流电桥测量直流电阻。
		七、1	修正设计,再打样实测。





磁元件之漏磁







集成串联电感的LLC变压器一二次侧漏磁









方波与傅立叶叠加











LLC矢量控制之电流采集与电流重构



2-2/3-2变换











方波解调在实际电路中的实现





2021.4.14