

顺络电子助力 DDR5 实现低功耗解决方案

一、背景

随着 AI 技术的发展，对于应用于数据中心服务器的 DDR 存储器提出了新的要求，目前，基于大语言模型（LLM）生成式 AI 技术的不断发展，它的功能也变得越来越强大，需要实现多模态输入和输出等功能，而为了实现这些功能，AI 模型需要越来越多的数据量进行训练，如此庞大的 AI 工作负载也对内存带宽和容量的需求大幅增长，尤其在 AI 训练阶段，主内存的容量需求通常需要是 GPU 内存容量的两倍，并且还有一个额外的需求，就是这部分的主内存也必须有着非常高的带宽。如今，无论是 AI PC 还是用于大模型应用的 AI 服务器都在大力推动对 DDR5 的需求，随着内存市场需求的回暖，内存芯片 /PMIC 供电芯片及周边电感器件的需求都在全面拉高。

二、DDR5 主要规格变化

那么 DDR5 究竟有哪些优势，它如何成为未来存储市场的焦点？

过去的十多年，DDR4 内存是服务器中常用的标准，然而现代应用的复杂度在不断提升，对计算能力的要求也越来越高。为了提高计算性能，无论是英特尔还是 AMD，都将多核 CPU 视为重点。随着核数增多，实际性能却并非线性增长，限制性能发挥的原因之一，就是单核内存带宽的下降。受限于带宽降低，应用延迟就会增大、性能会降低，为进一步提高内存性能、降低功耗并增强数据完整性，DDR5 应运而生。

DDR5 是第五代双倍数据率内存技术的缩写。它是计算机系统中用于存储数据的一种高速随机访问内存类型。相对于 DDR4，DDR5 在供电位置、数据传输速率、功耗、效率转换要求、内存容量主要有如下变化。

◆ 供电位置

- ◇ DDR4: DDR4 的供电位置主要位于主板 24Pin 的主板供电插槽。
- ◇ DDR5: DDR5 内存的供电模组位于内存条的背面，DDR5 内存条 DIMM 上加入了 PMIC 电源管理，主要原因是大容量和高速率的 DDR5 颗粒对电源完整性提出了更高的要求。

◆ 数据传输速率

- ◇ DDR4: 数据传输速度范围从 2133 MHz 到 4266 MHz，最高带宽为 25.6 GB/s。
- ◇ DDR5: 数据传输速度起始于 4800 MHz，未来有望达到 8400 MHz，最高带宽达到 64 GB/s。DDR5 的带宽比 DDR4 提高了近 2.5 倍，这使得 DDR5 能够处理更多的数据，提升系统性能。

◆ 功耗

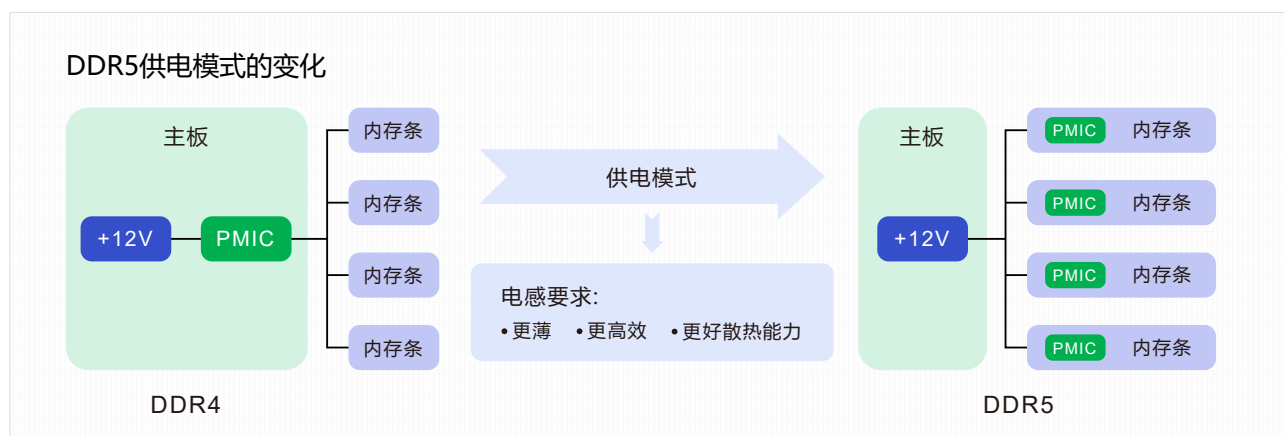
- ◇ DDR4: 工作电压为 1.2V，较低的功耗使其在低功耗设备中表现良好。
- ◇ DDR5: 工作电压进一步降低至 1.1V，相比 DDR4 有更高的能效。DDR5 在功耗控制上的改进使其在提供更高性能的同时，能耗更低，有助于延长设备的续航时间。

◆ 电压转换效率要求

- ◇ DDR4: 在 50% 峰值电流负载下电压转换效率要求高于 90 %。
- ◇ DDR5: 在 50% 峰值电流负载下电压转换效率要求高于 92 %，更高的效率要求。

◆ 内存容量

- ◇ DDR4：内存颗粒的单颗容量最高为 16GB。
- ◇ DDR5：内存颗粒的单颗容量最高可达 128GB。



JEDEC 要求	DDR4	DDR5
V_{out}	VDD(core): 1.2V: VDDQ(I/O): 1.2V: VPP(refresh): 2.5V: VTT(terMin.al): 1/2VDD:	VDD(core): 1.1V: VDDQ(I/O): 1.1V: VPP(refresh): 1.8V: VTT integrated into the chip;
V_{out} Accuracy	≤5%	≤3%
Efficiency	>90%	>92%

三、JEDEC 对 DDR5 电感要求

针对 DDR5 的电源管理，JEDEC 提出较高的转换效率要求。不同应用场景下，如服务器端的 RDIMM / LRDIMM 以及客户端的 UDIMM / SODIMM，都有不同的 PMIC 规范要求，其中对 Server DDR5 电感最高转换效率要求达到 92% 以上，对 Client DDR5 电感最高转换效率要求达到 90%。

此外，由于 DDR5 的供电架构也发生了重大变化，由之前的多相大电流集中供电变为双相较小电流分布供电。这一架构变化深刻影响了电感形态，使得电感形态由大尺寸大电流组装式演变为小尺寸薄型化，且具有非常小的损耗要求。

PMIC5000 for Server 对电感要求

Figure 8-Dual Phase Regulator Example Schematic

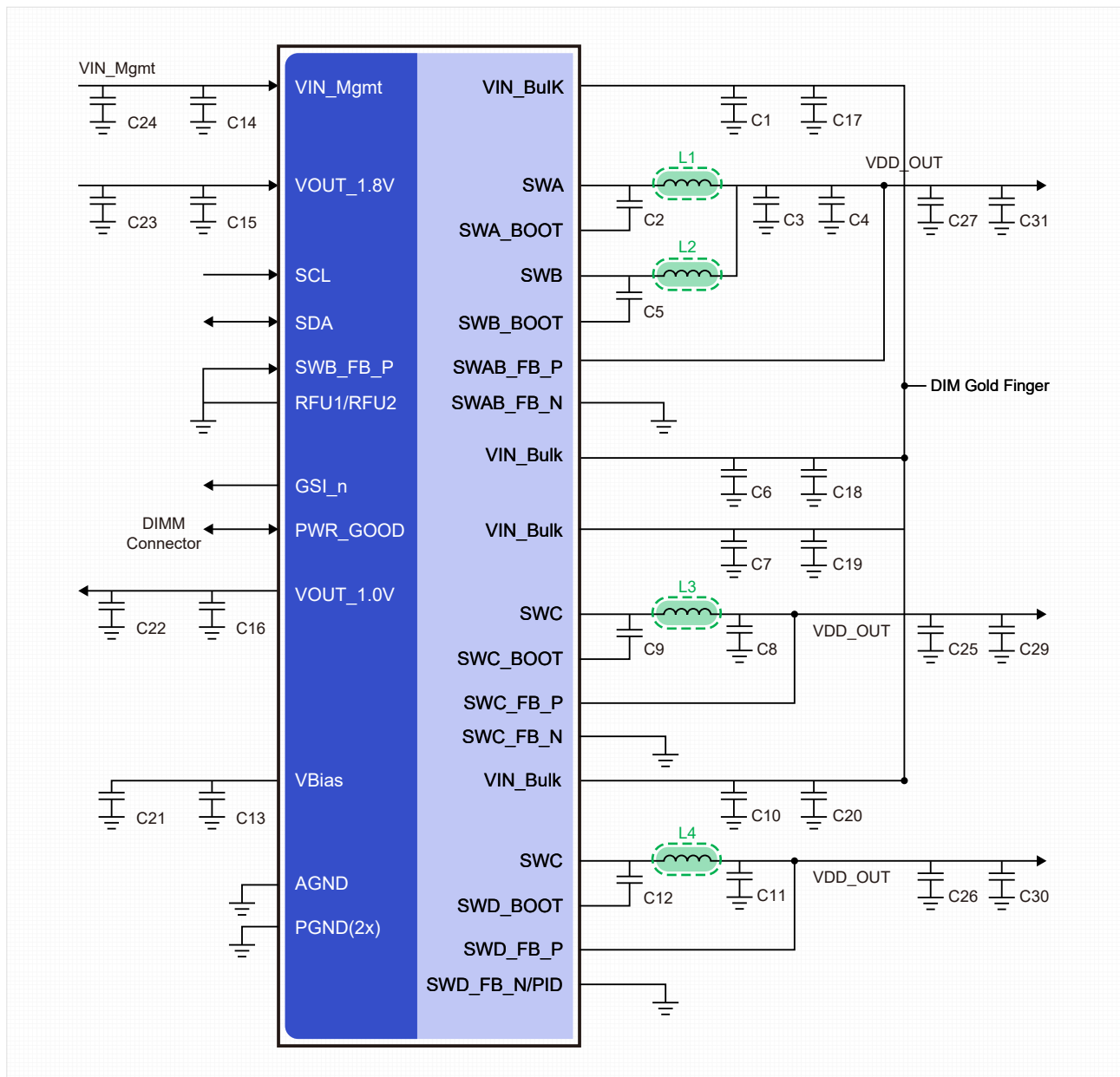


Table 11-Efficiency Characteristics; PMIC5000

Switch Node Output	Efficiency (% of Max I_{ldc} Load)			Unit	Notes
	25%	50%	100%		
SWA or SWB (Single Phase Regulator Mode)	≥87	≥92	≥89	%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
SWA+SWB (Dual Phase Regulator Mode)	≥87	≥92	≥89	%	
SWC	≥87	≥92	≥89	%	
SWD	≥87	≥92	≥89	%	

PMIC5020 for Server 对电感要求

Figure 9-Dual Phase Regulator Example Schematic

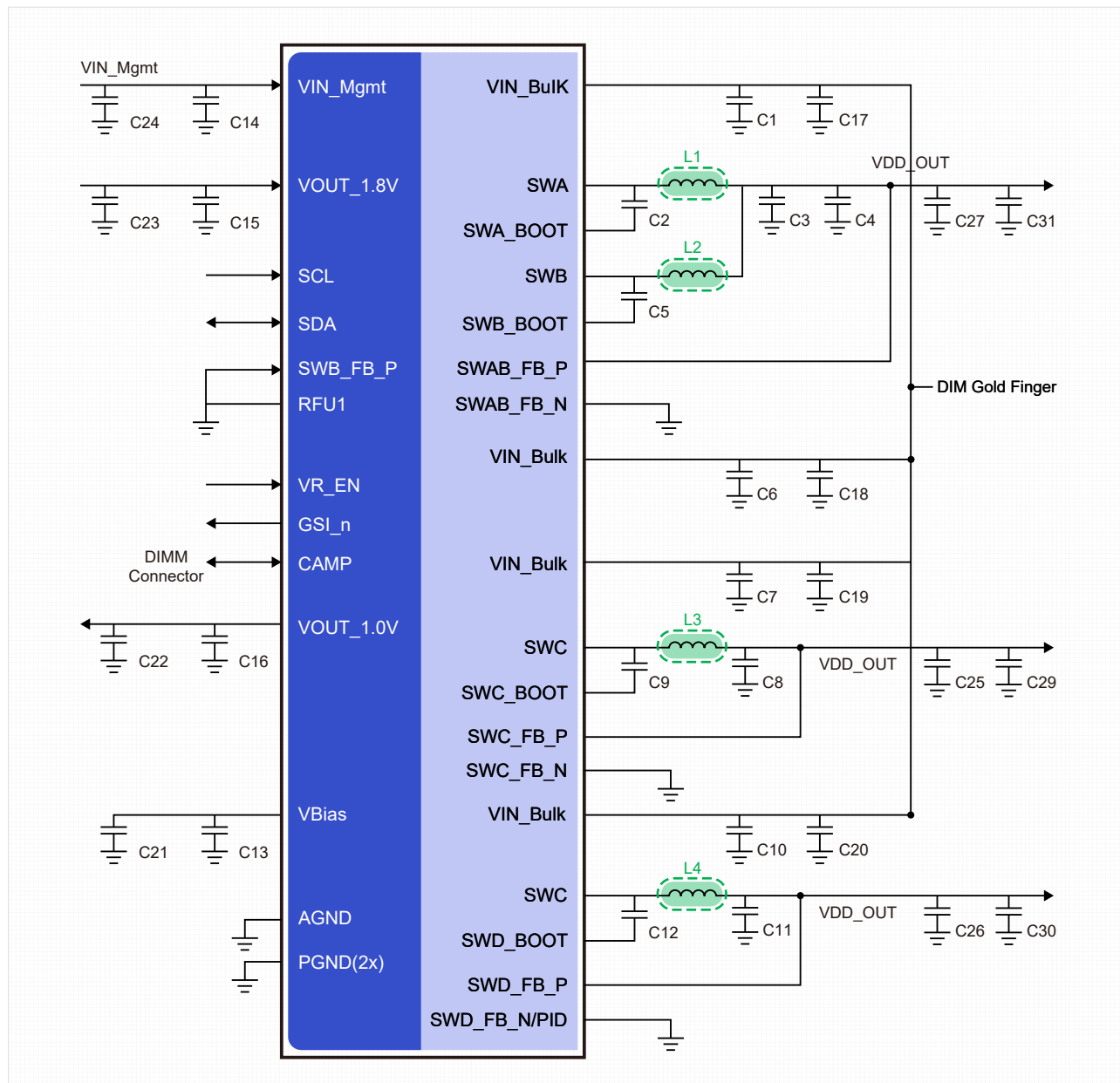


Table 7-Efficiency Characteristics; PMIC5020

Switch Node Output	Efficiency (% of Max I_{ldc} Load)			Unit	Notes
	25%	50%	100%		
SWA or SWB (Single Phase Regulator Mode)	≥90	≥92	≥87	%	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
SWA+SWB (Dual Phase Regulator Mode)	≥90	≥92	≥87	%	
SWC	≥90	≥92	≥87	%	
SWD	≥90	≥92	≥87	%	

PMIC5120 for Client 对电感要求

Figure 15-Single Phase Regulator-DDR5 PMIC Schematic

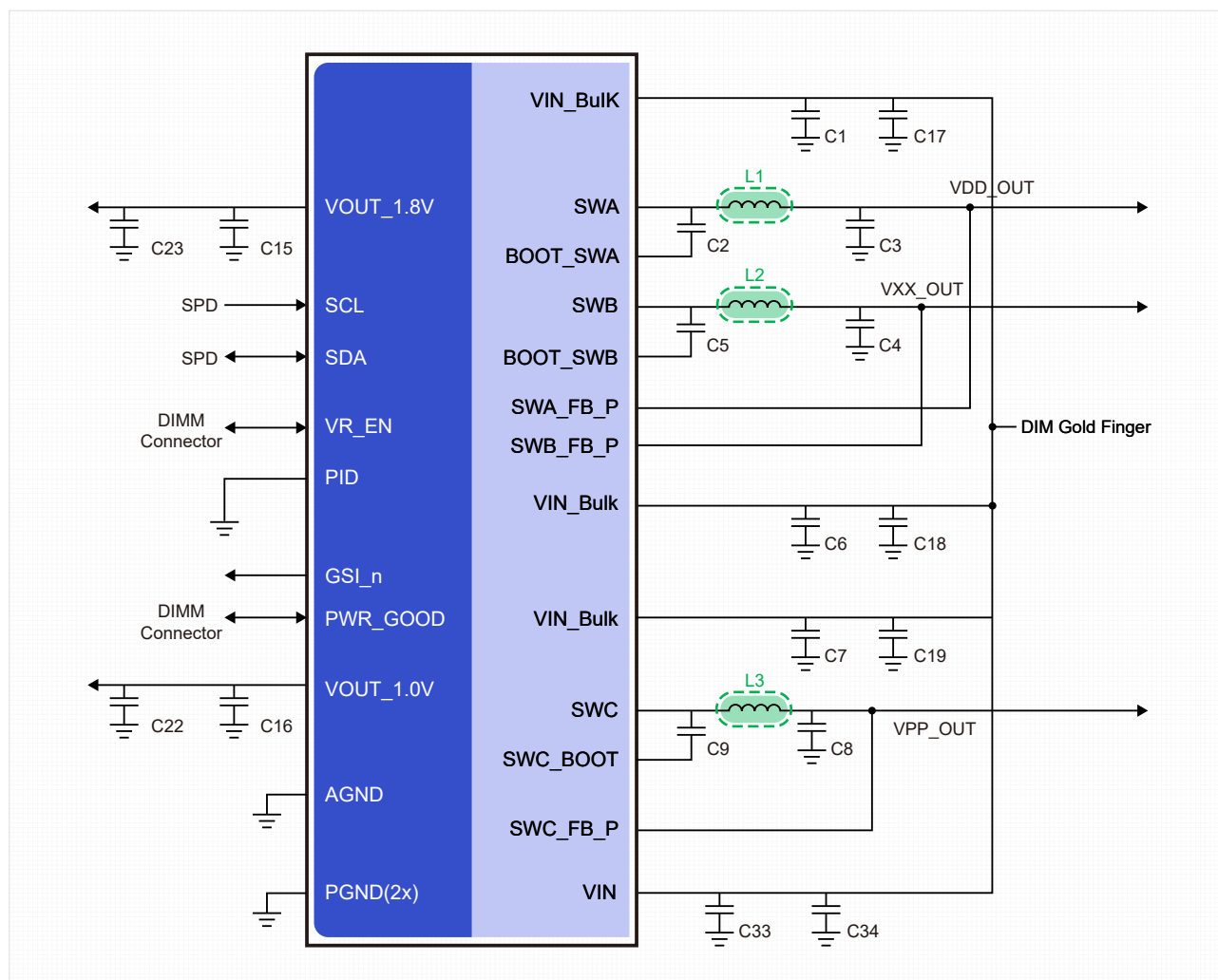


Table 20-Efficiency Characteristics¹

Switch Node Output	Efficiency	Efficiency (% of Max I_{ldc} Load)				Unit	Notes
	Light Load ²	25%	50%	75%	100%		
SWA or SWB (Single Phase Regulator Mode)	83	≥90	≥88	≥85	≥82	%	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12
SWA+SWB (Dual Phase Regulator Mode)	83	≥90	≥88	≥85	≥82	%	
SWC	85	≥90	≥89	≥87	≥85	%	

四、顺络 DDR5 电感解决方案

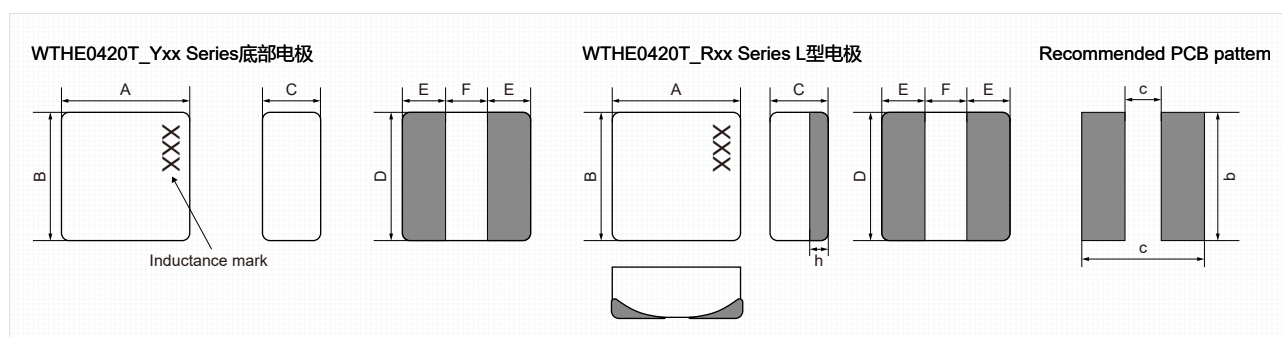
为了满足终端客户对 DDR5 电感的需求，顺络电子推出的低损耗系列产品，WTX 系列搭配 MWTC 系列方案，实现了高性能、高可靠性和更低成本，为 DDR5 的推广普及助力。目前顺络电子的 DDR5 电感方案已经在众多海外 PMIC 厂家测试认证并通过 JEDEC 效率标准。

◆ 顺络电子 PMIC5000 for Server 的电感解决方案

◇ 规格

PN	L(uH)	DCR(Max.) mΩ	DCR(Typ.) mΩ	Isat(Max.) A	Isat(Typ.) A	Irms(Max.) A	Irms(Typ.) A	ACR(Max.) mΩ	ACR(Typ.) mΩ
JEDEC 要求	0.47±20%	6.9	/	/	6.0	/	/	90.0	/
WTHE0420TR47MTY04 WTHE0420TR47MTR02	0.47±20%	4.8	4.2	8.5	10.0	16.0	18.0	45.0	27.0
JEDEC Requires	0.68±20%	8.4	/	/	6.0	/	/	145.0	/
WTHE0420TR68MTY04 WTHE0420TR68MTR02	0.68±20%	6.4	5.8	7.8	9.0	14.0	16.0	60.0	37.0
JEDEC Requires	1.0±20%	15.5	/	/	6.0	/	/	250.0	/
WTHE0420T1R0MTY04 WTHE0420T1R0MTR02	1.0±20%	8.4	7.4	6.5	8.0	12.0	14.0	80.0	66.0

◇ 尺寸 & 焊盘



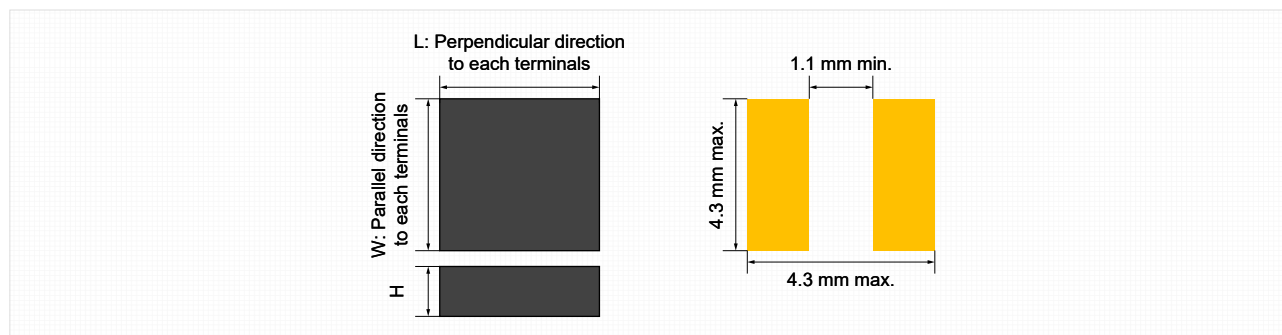
参数	A/mm	B/mm	C/mm	D/mm	E/mm	F/mm	h/mm	a/mm	b/mm	c/mm
JEDEC SPEC	4.3 Max.	4.3 Max.	2.0 Max.	/	/	/	/	4.3 Max.	4.3 Max.	1.1 Min.
WTHE0420T_Yxx	4.3 Max.	4.3 Max.	2.0 Max.	4.3 Max.	1.3 Typ.	1.2 Typ.	/	4.1 Typ.	4.1 Typ.	1.1 Min.
WTHE0420T_Rxx	4.3 Max.	4.3 Max.	2.0 Max.	4.3 Max.	1.3 Typ.	1.2 Typ.	0.6 Typ.	4.1 Typ.	4.1 Typ.	1.1 Min.

Sunlord WTHE0420 系列的尺寸和焊盘均和 JEDEC 要求兼容。

◇ JEDEC 的要求

Package Size		Reference Drawing	Wrommwadnd land Pattern
L(mm)	4.3 Max.	Figure 31 (Left Picture).	Figure 31 (Right Picture).
W(mm)	4.3 Max.		
H(mm)	2.0 Max.		

Figure 31-Reference Drawing & Recommended Land Pattern



◆ 顺络电感在 PMIC5000 内存条厂家的测试结果

◇ 顺络型号 WTHE0420TR47MTY04 通过 SWA/SWB /SWC 单通道测试

◇ 顺络型号 WTHE0420T1R0MTY04 通过 SWD 单通道测试

P/N	Rail	Input (V/A)		Output(mms-mean)		Efficiency	PMIC5000	Loading	Result
Y04	SWA&B	11.98	0.249	1.0986	2.50	92.07%	87%	25%	PASS
		11.95	0.499	1.0979	5.00	92.06%	92%	50%	PASS
		11.89	1.022	1.0989	10.00	90.43%	89%	100%	PASS
	SWC	11.99	0.125	1.1040	1.25	92.08%	87%	25%	PASS
		11.98	0.250	1.1090	2.50	92.57%	92%	50%	PASS
		11.95	0.509	1.1005	5.00	90.46%	89%	100%	PASS
	SWD	11.98	0.200	1.8016	1.25	93.99%	87%	25%	PASS
		11.96	0.398	1.7968	2.50	94.37%	92%	50%	PASS
		11.91	0.809	1.7955	5.00	93.17%	89%	100%	PASS

1、SWA&B 通道满足 JEDCE 标准；
2、SWC 通道满足 JEDCE 标准；
3、SWD 通道满足 JEDCE 标准。

P/N	Rail	Input (V/A)		Output(mms-mean)		Efficiency	PMIC5000	Loading	Result
Y04	SWA&B	11.99	0.249	1.0981	2.50	91.95%	87%	25%	PASS
		11.98	0.499	1.1045	5.00	92.38%	92%	50%	PASS
		11.95	1.022	1.0994	10.00	90.02%	89%	100%	PASS
	SWC	12.00	0.125	1.1042	1.25	92.02%	87%	25%	PASS
		11.94	0.249	1.1012	2.50	92.60%	92%	50%	PASS
		11.98	0.507	1.1009	5.00	90.63%	89%	100%	PASS
1、SWA&B 通道满足 JEDCE 标准； 2、SWC 通道满足 JEDCE 标准。									

◆ 顺络电子 PMIC5020 for Server 的电感解决方案

◇ JEDEC 电性要求

Table 84-Inductor Electrical Specification¹

L @ 1MHz; 0 Bias±20(μH)	Max. DCR(mΩ)	Max. ACR @1MHz ^{2,3} (mΩ)	Ipeakmar (A)	Min. L @ (Ipeakmar of PMIC 5020) ⁴ (μH)	Max. L @ Ipeakmar(μH)	Switch Rail Target
0.47	4.9	90	10.0	0.27	0.47	SWA,SWB
			11.5	0.25	0.45	SWC
1.0	15.5	250	3.5	0.56	N/A	SWA

1. Test condition: Ambient Temperature = 20±2°C ; Ambient Humidity=65±5%Rh.

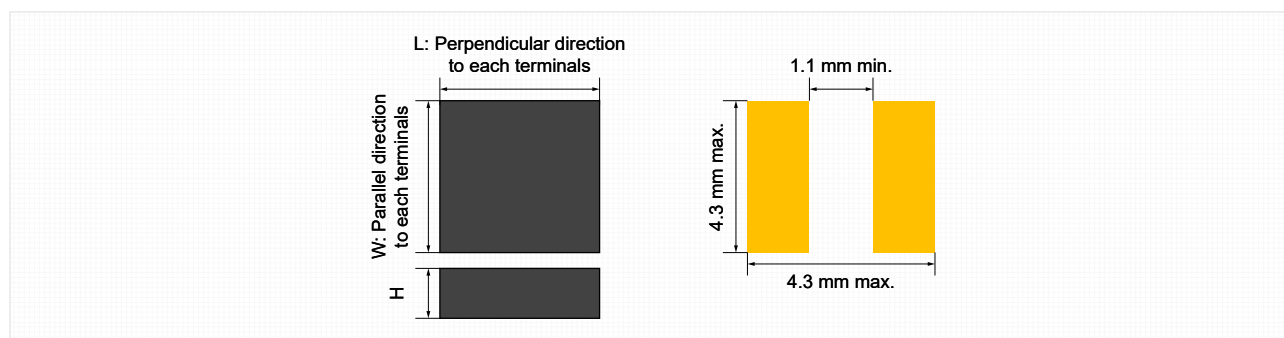
2. ACR definition: ACR=Rs @1 MHz-DCR. Measured current (1 MHz/sinusoidal): 0.52A ms for 0.47 μH and 0.25A rms for 1.0 μH: with no DC Bias for both cases.

◇ JEDEC 的要求

Table 83 -Inductor Mechanical Specification

Package Size		Reference Drawing	Wrommwadnd land Pattern
L(mm)	4.3 Max.	Figure 34 (Left Picture).	Figure 34 (Right Picture).
W(mm)	4.3 Max.		
H(mm)	2.0 Max.		

Figure 34-Reference Drawing & Recommended Land Pattern



◇ 顺络电感规格

PN	L(uH)	Min. L @Ipeak 11.5A (uH)	Min. L @ Ipeak (uH)	DCR(Max.) mΩ	DCR(Typ.) mΩ	Isat(Max.) A	Isat(Typ.) A	Irms(Max.) A	Irms(Typ.) A	ACR(Max.) mΩ
WTHE0420TR47MTY27 WTHE0420TR47MTR04	0.47±20%	0.37	0.39	3.6	3.2	12.0	15.0	18.0	20.0	32.0
WTHE0420T1R0MTY04 WTHE0420T1R0MTR02	1.00±20%	/	0.65	7.4	8.4	6.5	8.0	12.0	14.0	80.0

◆ 顺络电感在芯片端 PMMIC5020 测试结果

◇ 顺络型号 WTHE0420TR47MTY27 通过 SWA/B 双向通道测试。

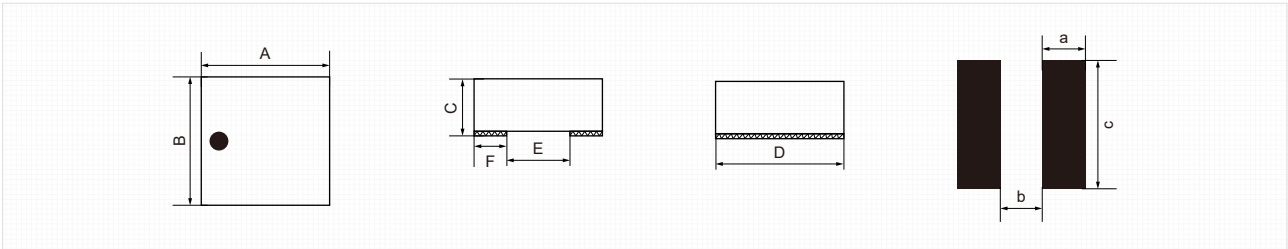
◇ 测试条件：SWA/B 双相通道 @ Vin 12V, Vout1.1V, 频率 500KHz PMIC 5020。

◆ 顺络电子 PMIC5120 for Client 的电感解决方案

◇ 规格

PN	L(uH)	DCR(Max.) mΩ	DCR(Typ.) mΩ	Isat(Max.) A	Isat(Typ.) A	Irms(Max.) A	Irms(Typ.) A	ACR(Max.) mΩ	ACR(Typ.) mΩ
JEDEC Requires(SWA/B)	0.47+20%	8.5	/	/	8.5	/	/	93.0	/
WTXE0412TR47MT	0.47±20%	8.5	7.8		11.5	12.0	15.0	/	/
JEDEC Requires(SWA/B)	0.47+20%	11.0	/	/	8.5	/	/	93.0	/
MWTC322512SR47MT	0.47+20%	14.0	11.5	9.0	9.9	8.0	8.8		
JEDEC Requires(SWC)	1.00±20%	36.0	/	/	2.0	/	/	182.0	/
WTXE252012TA1R0MT	1.00±20%	29.0	26.0	3.4	3.7	5.0	5.5	91.0	55.0
MWTC252010S1R0MTD02	1.00±20%	30.0	27	5.0	5.4	4.5	4.7	/	/

◇ 尺寸 & 焊盘



Parameters	A	B	C	D	a	b	c
Unit	mm Max.	mm Max.	mm Max.	mm Typ.	mm Typ.	mm	mm
JEDEC Requires(SWA/B)	4.3	4.3	1.2	/	/	1.1 Min.	/
WTXE0412TR47MT	4.3	4.3	1.2	4.1	1.3	1.5 Typ.	4.1
JEDEC Requires(SWA/B)	3.4	2.7	1.2	/	/	1.2 Min.	/
MWTC322512SR47MT	3.4	2.7	1.3		1.2	0.8	2.6
JEDEC Requires(SWC)	2.7	2.2	1.2	/	/	1.2 Min.	/
WTXE252012TA1R0MT	2.7	2.2	1.2	2.2	0.8	1.2 Typ.	2.0
MWTC252010S1R0MTD02	2.7	2.3	1.0	/	/	/	/

◆ 顺络电感在芯片端 PMIC5120 测试结果

- ◇ 顺络型号 WTXE0412TR47MT 通过 SWA 通道单相测试。
- ◇ 顺络型号 MWTC322512SR47MT 通过 SWA 通道单相测试。
- ◇ 测试条件：测试电流达到 6A，测试频率为 750KHz。
- ◇ 测试效率优于 JEDEC 标准。