

MPS电感解决方案

Kyrie Liu/刘坤荣

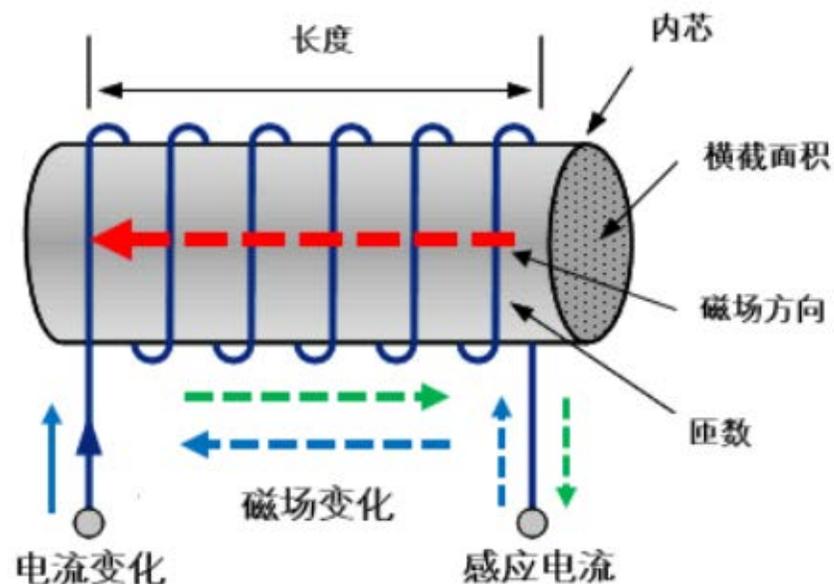
2020/12/03



- 1.电感的基本概念及主要参数
- 2.MPS DCDC电感技术特点
- 3.MPS DCDC电感Roadmap及选型

电感的基本原理

以下图圆柱型线圈为例，简单介绍电感的基本原理



如上图所示，当恒定电流流过线圈时，根据右手螺旋定则，会形成一个红色虚线所示方向的静磁场（电生磁原理）。而电感中流过交变电流，产生的磁场就是交变磁场。变化的磁场产生电场（磁生电原理），线圈上就有感应电动势，产生感应电流。

最终效果就是电感会阻碍流过的电流产生变化，通直流，阻交流

电感分类

在电路设计中，电感按应用可分为以下三类：

- 功率电感：主要用于电压转换，常用的DCDC电路都要使用功率电感；
- 滤波电感：主要用于滤除电源线或信号线上的噪声，EMC工程师应该熟悉
- 高频电感：主要用于射频电路，实现偏置、匹配、滤波等电路

功率电感主要参数：电感值，直流电阻，温升电流，饱和电流



贴片功率电感



差模电感

电感主要参数

□ 电感值L (inductance) :

电感值L也称自感系数，是表示电感元件自感应能力的一种物理量。电感值L计算公式如下：

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A_{eff} \cdot N^2}{l_{eff}}$$

L = inductance value

μ_0 = constance of nature $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$

μ_r = relative permeability

A_{eff} = Effective surface are for magnetic field

N = Number of windings

l_{eff} = effective lenght of magnetic field

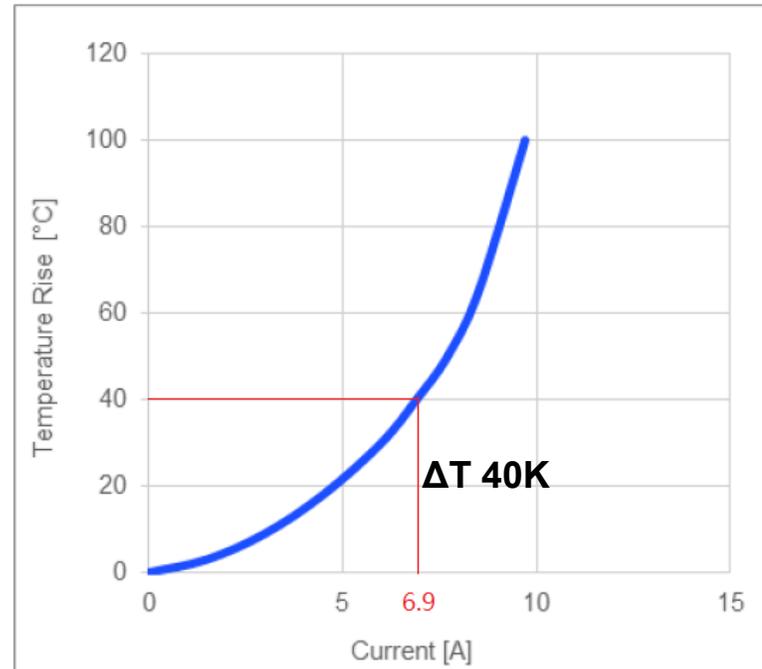
可以看出电感的大小与线圈的尺寸、线圈匝数及磁芯的材料，与电流大小无关。

电感主要参数

□ 温升电流 I_{temp} :

流过电感电流增加导致电感温度上升，相对于室温（25°C）产生40°C温升时所对应的电流被定义为温升电流，此电流值为允许通过电感的连续的直流电流强度。如下图，电感表面温升40°C度时对应的电流为6.9A。

Temperature Rise vs. Current



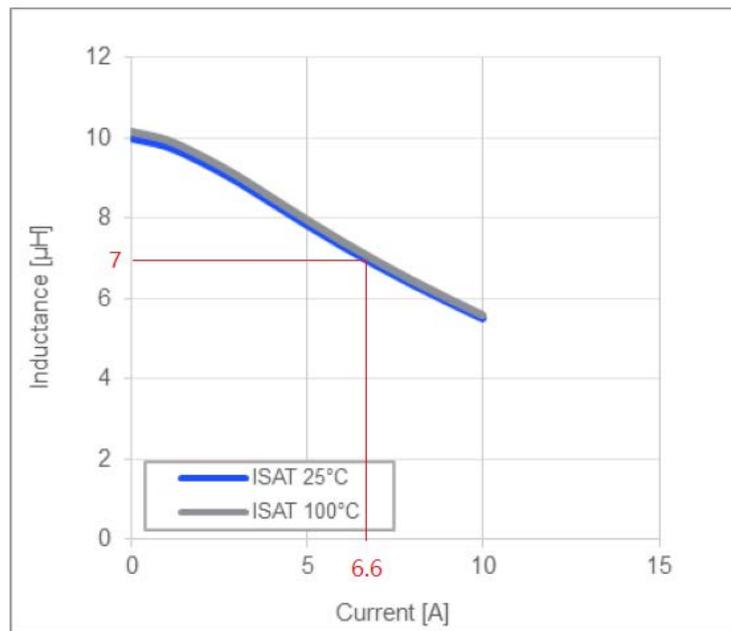
选择电感时，最大负载电流小于电感温升电流，并留有裕量。

电感主要参数

□ 饱和电流 I_{sat} :

电感量下降30%时对应的DC电流值，其影响了电感工作时的有效感值。如下图，一个10 μ H的电感，在6.6A时，电感下降了30%，只有大约7 μ H。

Inductance vs. Current



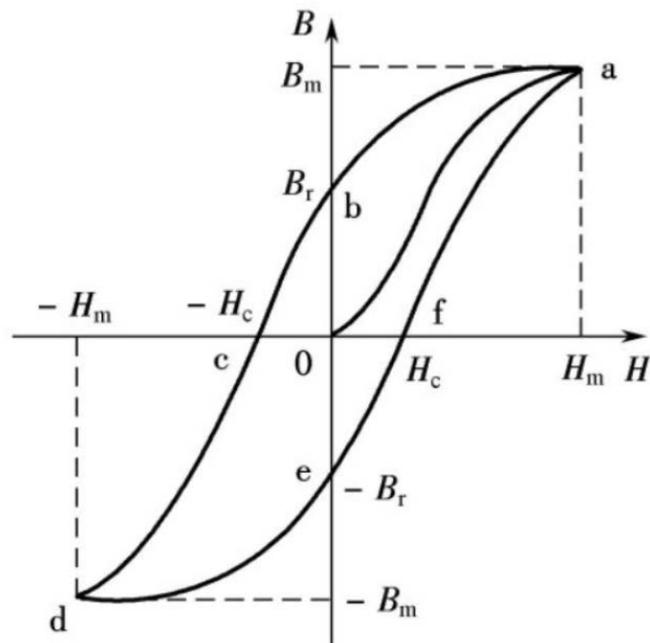
为了保证在设计范围内电感值稳定，设计峰值电流不能超过电感的饱和电流，并留有裕量。

电感主要参数

□ 直流电阻 R_{dc} :

电感在直流电路下测得的电阻。该电阻造成 $I^2 * R_{dc}$ 的能量损耗，一方面使变换器效率降低，同时也是导致电感发热的主要原因。当对效率敏感时，应选择直流阻抗低的电感。

电感饱和特性

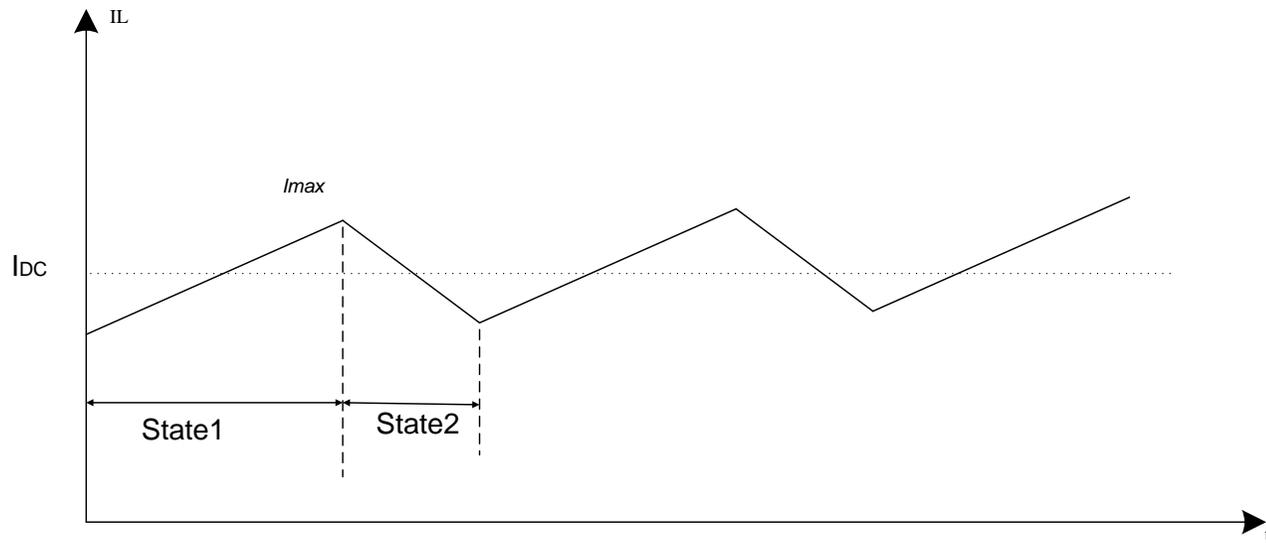
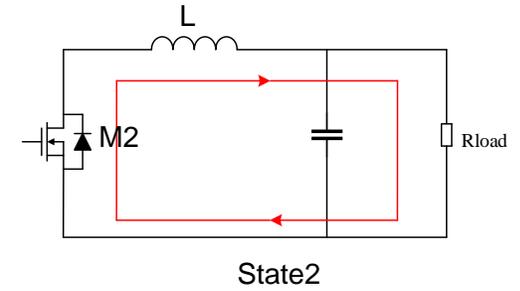
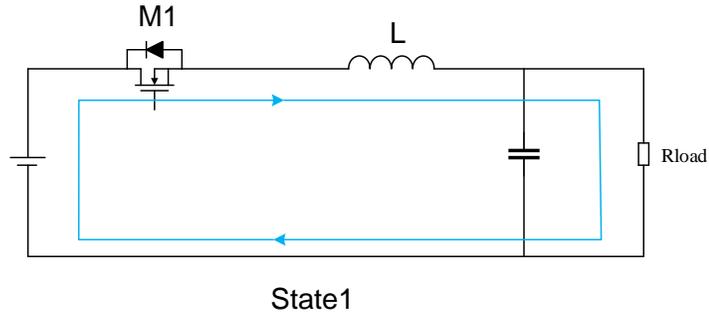
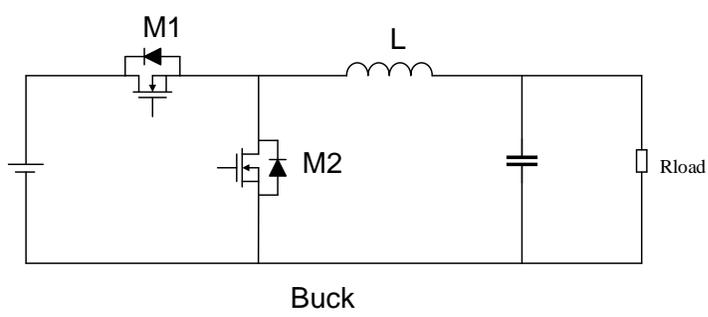


$B = \mu_r \cdot H$, 曲线的斜率代表磁导率, $B > B_{max}$, μ_r 趋近于0

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A_{eff} \cdot N^2}{l_{eff}}$$

由上式可知, 电感饱和后电感量急剧减小, 完全饱和之后, 电感相当于一根导线, 不能够起到电感的作用, 因此实际设计中应当避免发生电感的饱和

避免电感饱和



$$\Psi = L * I$$

$$\Psi = N * \Phi = N * B * Ae$$

$$L * I = N * B * Ae$$

$$L * I_{max} = N * B_{max} * Ae$$

$$B_{max} = \frac{L * I_{max}}{N * Ae}$$

避免电感饱和

$$B_{max} = \frac{L * I_{max}}{N * Ae}$$

因此有以下办法

- 1.减小 I_{max} (采用CCM的控制策略, 相对于BCM模式下电流峰值更小)
- 2.减小电感值
- 3.增大电感的匝数 (可以同时增大气隙来保证电感感量不变)
- 4.增大磁芯的横截面积 (使用更大的磁芯)

磁芯材料

磁芯材料主要就是两大类：

- 铁氧体磁材料

Mn-Zn

Ni-Zn

- 粉芯磁材料

Fe (铁粉芯)

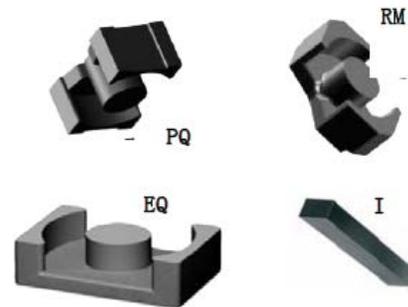
MPP (铁镍铝合金)

High Flux (高磁通铁镍合金)

Kool Mu (铁硅铝合金)

Fe-Si (铁硅合金)

粉芯磁材料一般直接做成磁环，铁氧体则有各种各样的形状，PQ、EE、EI等等

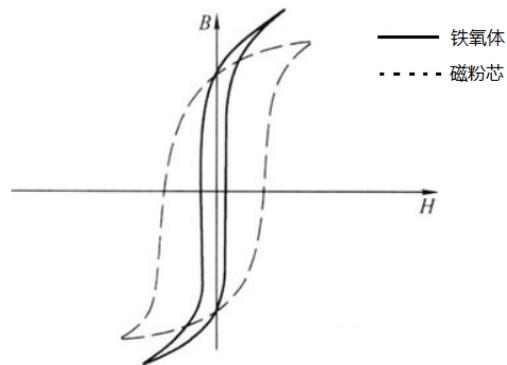


磁芯材料

•磁导率

铁氧体磁导率非常大，往往会通过增加气隙来调节电感量大小，粉芯磁导率很小，通过增加匝数来增加电感量大小。

•磁损



铁氧体/磁粉芯磁滞回线

由磁滞回线可知相同的体积以及相同的工作频率下，铁氧体的磁损更小，故铁氧体更加适用于高频的场合

•饱和磁密

铁氧体的饱和磁密在0.3T左右，容易发生饱和；粉芯磁材料的饱和磁密则比较大，1T以上都可以工作

目录

- 1.电感的基本概念
- 2.MPS DCDC电感技术特点**
- 3.MPS DCDC电感选型介绍

功率电感

功率电感是指可以通过大电流的电感，应用场合是开关电源，作用是能量的中转站。功率电感目前常见是以下三种形式，分别是组装式、半屏蔽式和一体成型。

一体成型电感：将绕组埋入金属磁性粉末内部压铸而成，表层封装脚从侧面引出，然后回弯形成。

- 采用低损耗合金粉末压铸，低阻抗
- 小体积，大电流，在高温下能够保持优良的温升电流及饱和电流特性
- 采用一体成型结构，坚实牢固，磁路封闭、具有良好的磁屏蔽性和EMI性能

MPS 贴片功率电感

MPS的贴片功率电感适用于DCDC供电芯片和功率变换器应用。一体成型电感和半屏蔽式电感的电感值范围为 $0.33\mu\text{H}$ 至 $22\mu\text{H}$ ，饱和电流范围为 0.8 A 至 64 A 。

- 性能最优，高效率
- 支持大电流高频率开关电源应用
- 多种感量和体积可选



半屏蔽式电感



一体成型电感

MPS 功率电感

一体成型电感

MPL-AT (塑封薄型)

- Sizes: 2010 / 2512 / 2514



• MPL-AY (圆线塑封)

- Sizes: 3020 / 4020 / 1050 / 1265



• MPL-AL (扁线塑封低阻抗)

- Sizes: 4020 / 5030 / 5050 / 6050 / 6060



半屏蔽式电感

• MPL-SE (半屏蔽电感)

- Sizes: 2512 / 4030 / 5040 / 6040



电感范围为0.33 μ H至22 μ H

MPL-AT 系列

- **MPL-AT (塑封薄型一体成型电感)**
 - 薄型电感, 适合高度受限设计
 - 采用一体成型结构, 坚实牢固, 磁路封闭、具有良好的磁屏蔽性和EMI性能
 - 低DCR
 - 软饱和
 - 高饱和电流
 - 在高温范围内稳定
 - 最高工作温度+125°C
 - 尺寸: 2010 / 2512 / 2515



MPL-AT系列提供超薄型电感, 适合高度受限设计。它们具有低 DCR/ACR 和大电流能力

MPL-AY 系列

- **MPL-AY (圆线塑封一体成型电感)**

- 绕组为圆形导线
- 采用一体成型结构，坚实牢固，磁路封闭、具有良好的的磁屏蔽性和EMI性能
- 软饱和
- 低DCR
- 高饱和电流
- 在高温范围内稳定
- 最高工作温度+125°
- 尺寸: 3020 / 4020 / 1050 / 1265

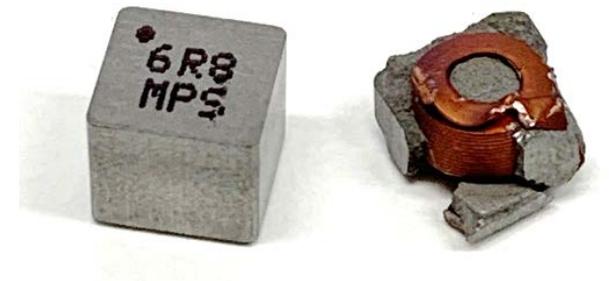
MPL-AY 系列提供具有大电流能力的低 DCR/ACR 电感



MPL-AL 系列

- **MPL-AL (扁线塑封低阻抗一体成型电感)**

- 绕组为扁型导线
- 采用一体成型结构，坚实牢固，磁路封闭、具有良好的磁屏蔽性和EMI性能
- 低DCR
- 软饱和
- 高饱和电流
- 在高温范围内稳定
- 最高工作温度+155°
- Sizes: 4020/ 5030 / 5050 / 6050/ 6060



MPL-AL 系列提供了具有低 DCR/ACR 的扁线塑封电感。扁线设计可以比圆线模塑电感提供了更高的额定电流。

MPL-SE 系列

- **MPL-SE (半屏蔽式电感)**

- 电磁环氧树脂材料，具有更好的导磁特性
- 半屏蔽结构，漏磁小
- 低 DCR
- 高饱和电流
- 最高工作温度125°C
- 尺寸: 2512 / 4030 / 5040 / 6040



MPL-SE半屏蔽式功率电感外部使用电磁环氧树脂材料，具有更好的导磁特性。其优化的设计降低了DCR，提高了电流能力

MPS 功率电感技术特点

半屏蔽式电感

• MPL-SE (半屏蔽电感)

- 使用电磁环氧树脂材料，具有更好的导磁特性



一体成型电感

MPL-AT (塑封薄型)

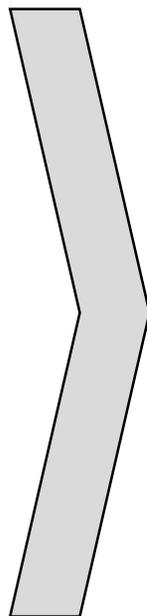
- 薄型电感

• MPL-AY (圆线塑封)

- 高饱和电流

• MPL-AL (扁线塑封)

- 高饱和电流
- DCR低



EMI性能好
软饱和
在高温范围内稳定



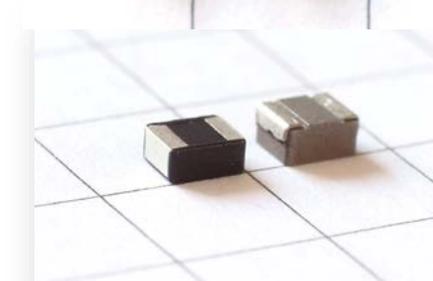
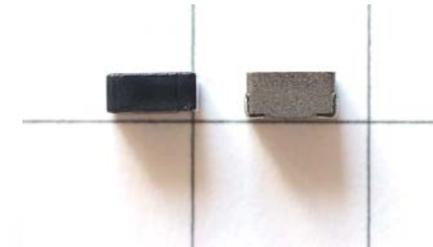
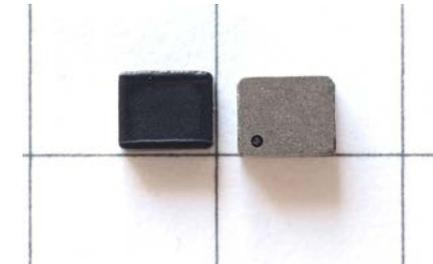
Wurht Inductor Efficiency VS MPS

Part number	Inductance L	Resistance Rdc	Rated current Ir	Saturation current Isat	Size
SRP2512-1R0M	1 μ H	41 mOhm	3.5 A	4.4 A	2.5*2*1.2mm
SRP2512A-4R7	4.7 μ H	196 mOhm	1.55 A	1.9 A	2.5*2*1.2mm

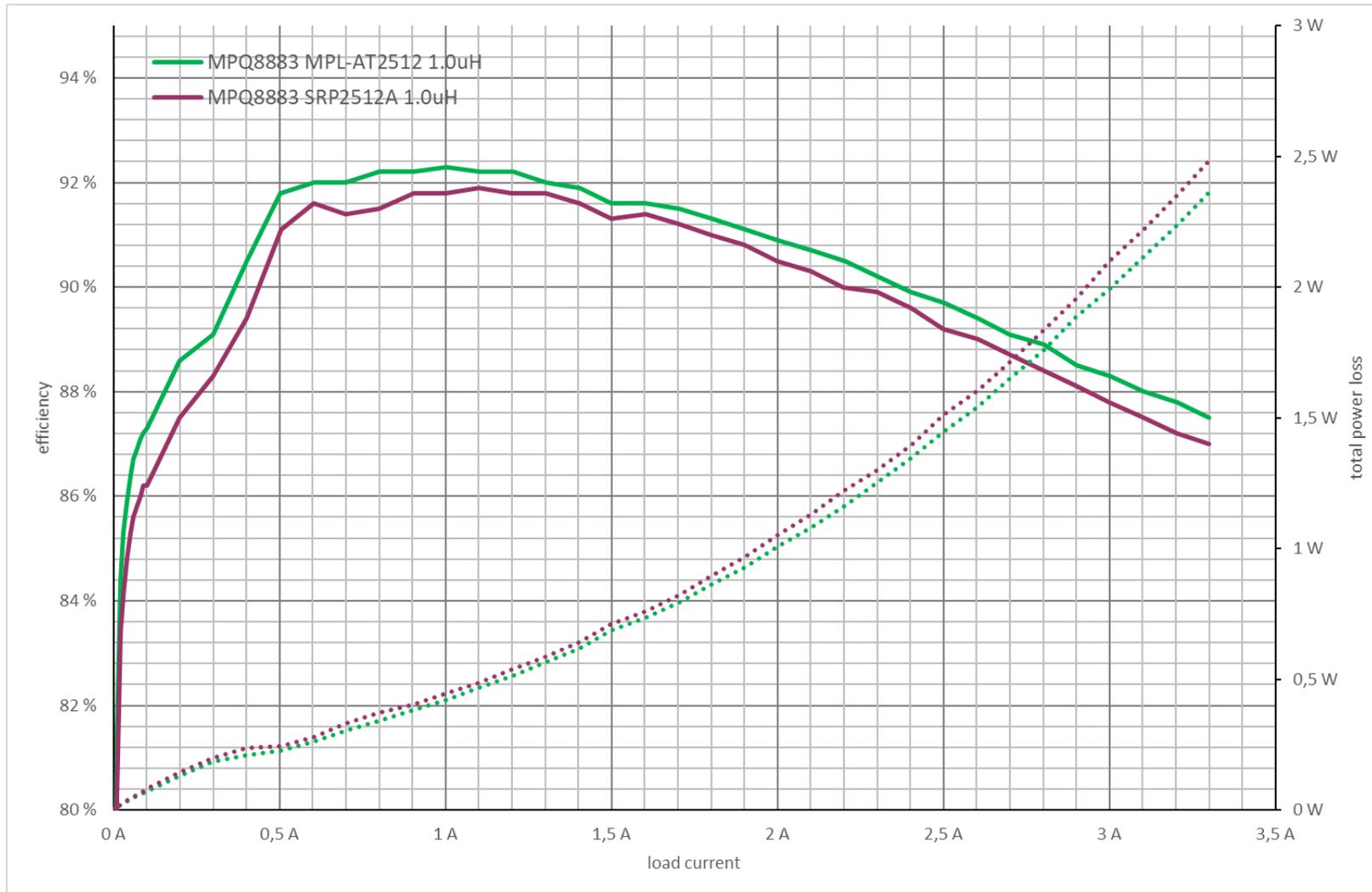
Part number	Inductance L	Resistance Rdc	Rated current Ir	Saturation current Isat	Size
MPL-AT2512-1R0	1 μ H	35 mOhm	4 A	5.2 A	2.5*2*1.2mm
MPL-AT2514-4R7	4.7 μ H	180 mOhm	1.7 A	2.4 A	2.5*2*1.4mm

Left
SRP2512A-4R7

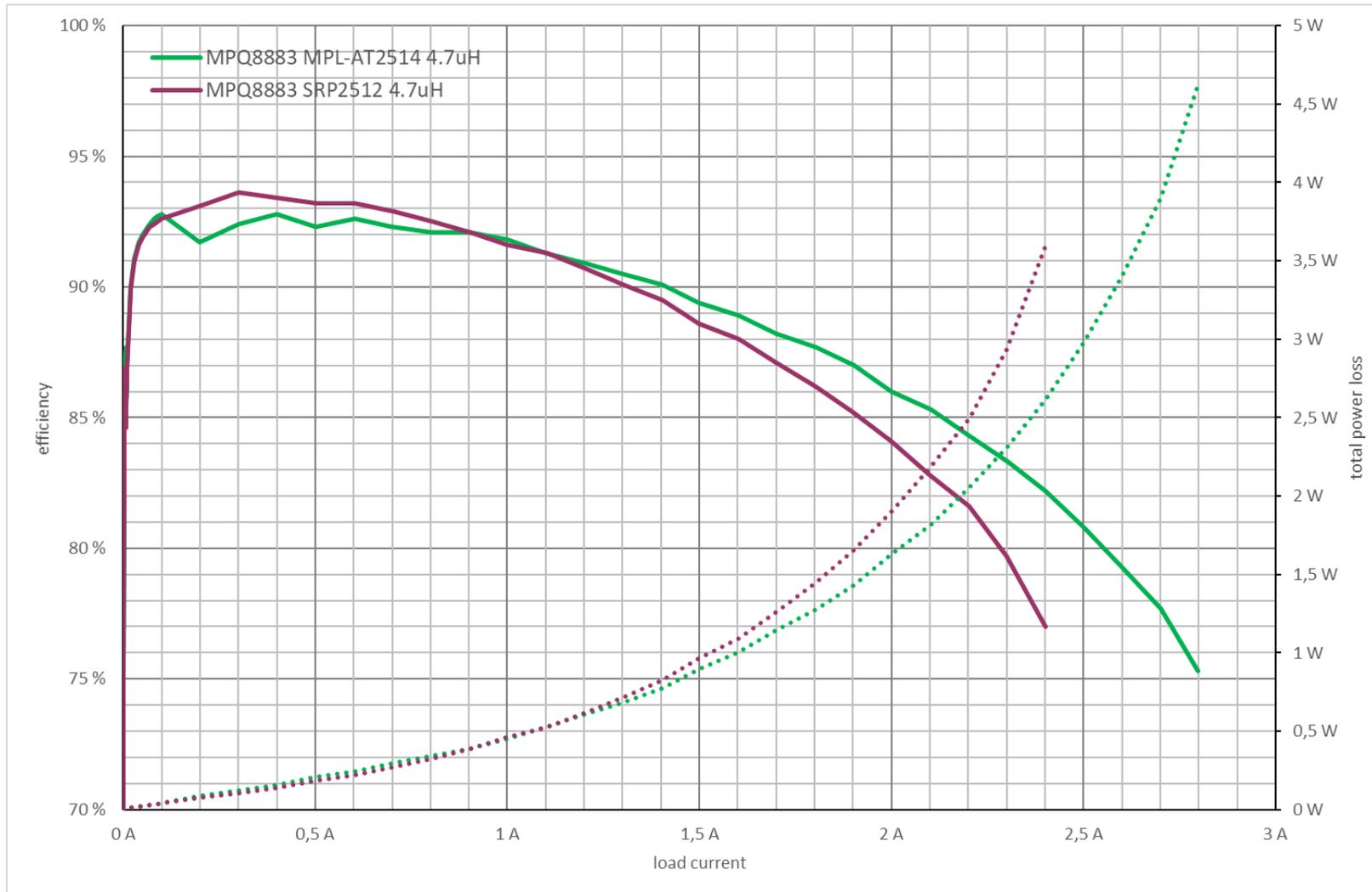
Right
MPL-AT2514-4R7



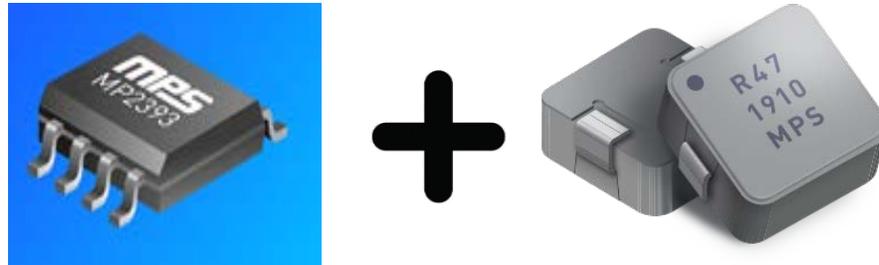
Efficiency 1.0 μH



Efficiency 4.7 μH



与MPS IC搭配使用,性能最佳

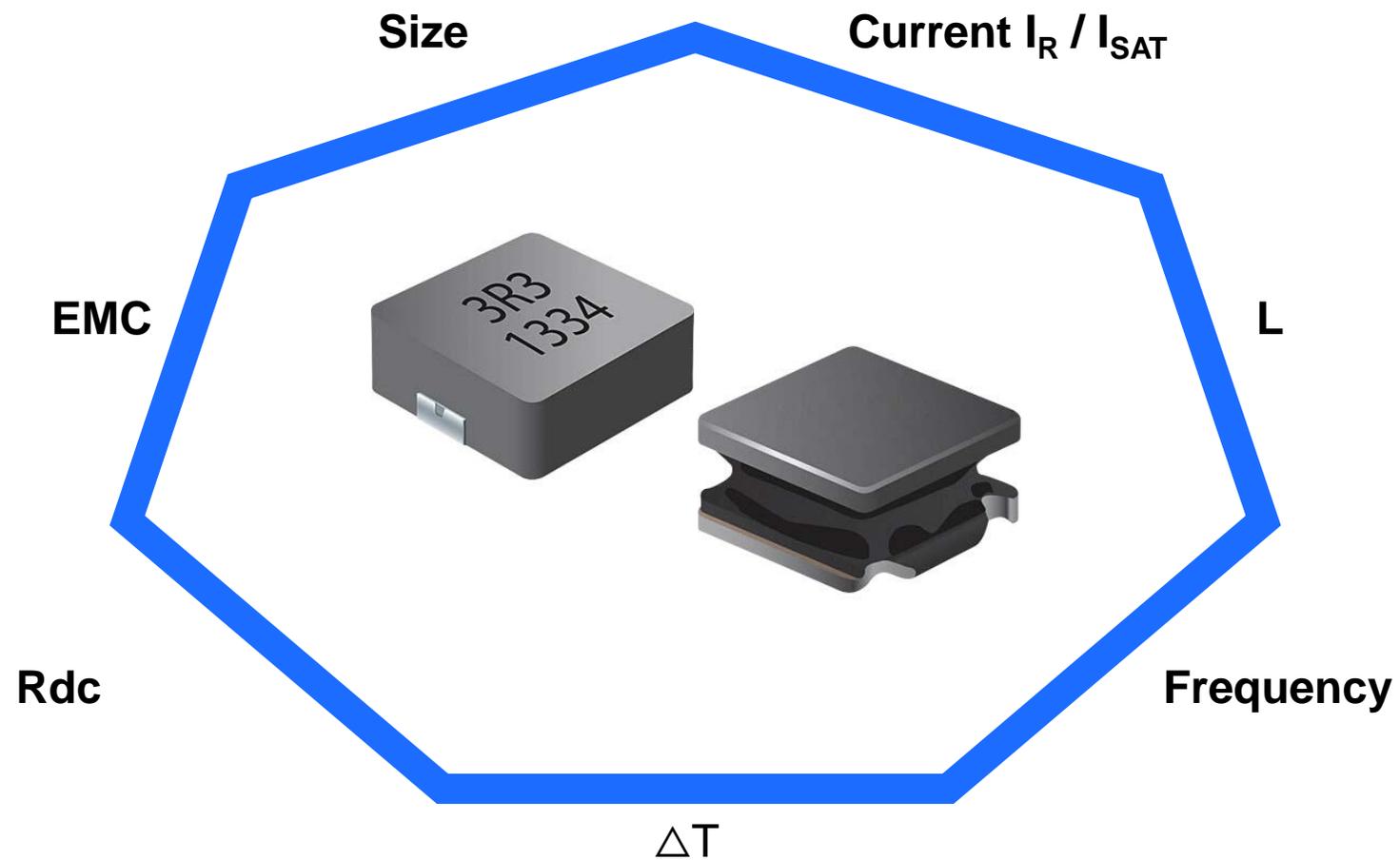


- MPS电感与MPS IC搭配使用, 性能最佳, 提供简单完整的电源解决方案
- 提供多尺寸半屏蔽式电感及一体成型电感
- 性能优异并提供有竞争力的价格优势
- 可提供MPS电感EVB

目录

- 1.电感的基本概念
- 2.MPS DCDC电感技术特点
- 3.MPS DCDC电感选型介绍**

MPS电感选型



MPS电感选型

- 1) 体积：由产品对电感体积的取值要求决定，一般体积小电流也小。
- 2) 电感值：计算或参考原厂设计。
- 3) 测试频率：此频率下对应的参数，应用时最好在此范围内。
- 4) 额定电流：此数值表示的意义有两种：一种是基于温度上升到某一限制时对应的电流，另一种是磁饱和时的电流。我们应用时不超过此值为OK。
- 5) 直流电阻：此为电感本身的损耗电阻，越小越好
- 6) EMC：半屏蔽电感及一体成型电感均有优秀的EMC性能

MPS Inductor Selector

Vin: 2.7V~6V, Vout: 3.3V, 最大负载电流: 2A, 工作频率: 800KHz

Products > Inductors > Inductor Selector

Inductor Calculator

Fill in the required input values and click the search button. Based on the calculated values, inductor recommendation is shown.

Topology

- Buck Sync
- Buck Non-Sync
- Boost Sync
- Boost Non-Sync

Input (V)

Vin Min (V)

2.7

Vin Max (V)

6

Vin Nom (V)

5

Frequency

Fsw (khz)

800

Ripple

r (%)

40

Estimated Efficiency

η (%)*

100

* used in Boost Calculations

Output

Vout (V)

3.3

Iout Max (A)

2

Diode

Vf (V)*

0.3

* used in Non-Sync Calculations

Calculate Inductor Values

L (μ H)

1.75

L (μ H) min

1.22

L (μ H) max

2.27

IL RMS(A)

2.00

IL peak(A)

2.40

Get Inductor Recommendation

半屏蔽式电感roadmap

电感值：1.22uH~2.27uH；温升电流：2A，饱和电流：2.4A

	MPL-SE2512			MPL-SE4030			MPL-SE5040			MPL-SE6040		
Base (mm) Height (mm)	2.0 x 2.5 1.20			4.0 x 4.0 3.0			4.90 x 4.90 4.0			6.0 x 6.0 4.0		
	R_{DC} (mΩ)	I_{Ripple} (A)	I_{Sat} (A)	R_{DC} (mΩ)	I_{Ripple} (A)	I_{Sat} (A)	R_{DC} (mΩ)	I_{Ripple} (A)	I_{Sat} (A)	R_{DC} (mΩ)	I_{Ripple} (A)	I_{Sat} (A)
0.47μH	27	4.5	6.5				7.3	8.0	16			
0.68μH	33	3.8	4.3									
1.0μH	45	3.35	4.2	12.5	6.3	7.5	9.4	7.6	10.5			
1.5μH	62	2.9	3.2				14	6.2	9.3	11.5	6.8	8.9
2.2μH	92	2.5	2.7	30	3.9	5.5	16	5.4	7.9	14.5	6.3	7.2
3.3μH	158	1.8	2.4	39.8	3.45	4.1	22	5.2	6.4	19.5	5.6	5.6
4.7μH	205	1.6	1.9	63	2.6	3.7	33	4.3	5.0	23	5.2	5.0
6.8μH				83	2.4	3.3	45	3.5	4.6	33	4.4	4.1
8.2μH										39	4.0	3.6
10μH	400	1.1	1.3	97	2.2	2.4	56	3.2	3.6	41	3.8	3.4
15μH	620	0.85	0.9	185	1.6	1.95	83	2.5	2.9	70	2.8	2.7
22μH	1000	0.70	0.8	219	1.5	1.65	124	2.1	2.4	97	2.35	2.25

可选择：MPL-SE 2512-1R5或MPL-SE 2512-2R2

电感值: 1.22uH~2.27uH; 温升电流: 2A, 饱和电流: 2.4A

参数显示栏	状态	系列	L (μH)	RDC (典型值) (mΩ)	IR (40K) (A)	饱和电流 (30%) (A)	最大工作温度 (°C)	A 尺寸 (长) (mm)	B 尺寸 (宽) (mm)	C 尺寸 (高) (mm)	结构
重置参数 重置表 系列 <input checked="" type="checkbox"/> L (μH) <input checked="" type="checkbox"/> RDC (典型值) ... <input checked="" type="checkbox"/> IR (40K) (A) <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 新产品	<input type="checkbox"/> Molded Low Profile <input type="checkbox"/> Molded Low Resistance <input type="checkbox"/> Molded	<input type="checkbox"/> 0.33 <input type="checkbox"/> 0.47 <input type="checkbox"/> 0.56 <input type="checkbox"/> 0.68 <input type="checkbox"/> 0.82 <input type="checkbox"/> 1.0	<input type="checkbox"/> 0.89 <input type="checkbox"/> 1.1 <input type="checkbox"/> 1.25 <input type="checkbox"/> 1.3 <input type="checkbox"/> 1.5 <input type="checkbox"/> 1.75	<input type="checkbox"/> 1.2 <input type="checkbox"/> 1.3 <input type="checkbox"/> 1.4 <input type="checkbox"/> 1.5 <input type="checkbox"/> 1.65 <input type="checkbox"/> 1.7	<input type="checkbox"/> 1.7 <input type="checkbox"/> 1.75 <input type="checkbox"/> 1.9 <input type="checkbox"/> 1.95 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> +125°C <input type="checkbox"/> +155°C		<input type="checkbox"/> SMD		
96 Parts 隐藏筛选											
MPL-AL4020-1R0 新产品		Molded Low Resistance	1.0	10.1	7.9	8.6	155°C	4.10	4.10	1.90	SMD
MPL-AY3020-5R6 新产品		Molded	5.6	209	1.8	2.8	125°C	3.5	3.2	1.8	SMD
MPL-AY1050-R68 新产品		Molded	0.68	1.75	23	36	155°C	11.0	10.0	4.80	SMD
MPL-AY1050-R47 新产品		Molded	0.47	1.25	25	41	155°C	11.0	10.0	4.80	SMD
MPL-AY4020-100 新产品		Molded	10	163	1.90	2	155°C	4.45	4.1	1.80	SMD
MPL-AY4020-8R2 新产品		Molded	8.2	136	2.10	2.1	155°C	4.45	4.1	1.80	SMD
MPL-AY4020-6R8 新产品		Molded	6.8	129	2.20	2.4	155°C	4.45	4.1	1.80	SMD

电感的基本概念及主要参数

电感的基本原理、电感值、饱和电流、温升电流、直流电阻
电感的饱和特性、磁芯材料分类

MPS DCDC电感技术特点

一体成型电感：MPL-AT、MPL-AY、MPL-AL
半屏蔽式电感：MPL-SE

MPS DCDC电感Roadmap及选型

电感值、饱和电流、温升电流

The End