

## LED 光源驱动设计及周边器件选择!

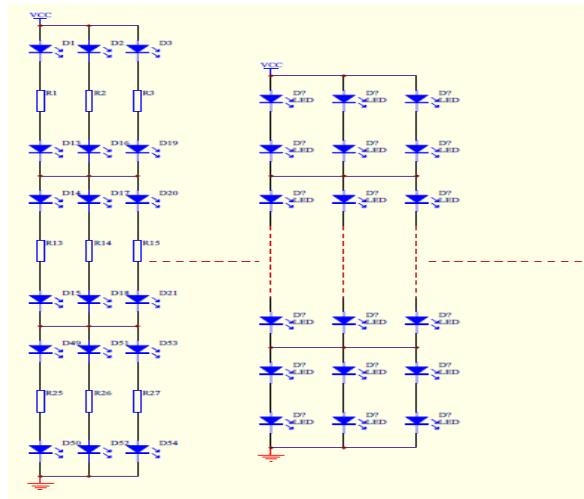
### 驱动 IC 选择:

LED 在应用中需要选择合适的驱动 IC, 这也是设计 LED 驱动线路的第一步, 首先确定以下几个参数: 需要驱动多少颗 LED; 预计驱动电流值; 允许的供电电压范围; 其它特殊要求。

#### 1. 需要驱动多少颗 LED:

按需要驱动的 LED 数量定义串并联方式, 因其 LED Vf 值问题, 在小功率 20mA 以下要求不是很高的情况下并联是可以接受的。大于 100mA 的 LED 不建议并联设计。串接 LED Vf 值总和是选择 IC 需要驱动的负载电压, 负载电压应是在一定的范围内, 主要是应对 LED 不同的 Vf 值带来的负载电压不同。

在选择并联方式时, 要按下建议图设计为好。线路需要串接电阻时, 最好将电阻变为若干个小阻值的电阻串接在 LED 中间。在中间线路同电位处多短接几次, 会起到平衡每路电流的作用, 减少 LED Vf 值的影响。



#### 2. 预计驱动电流值

预计驱动电流是选择驱动 IC 的重要条件之一, 在选择是要给 IC 预留一定的余量, 特别是内置 MOSFET 的 IC, 一般选择在最大驱动的 70%左右。结合驱动压差、电流、效率, 计算出 IC 最大功耗, 查表找到即将使用的 IC 封装可以承受的热量, 多出的功耗就要靠自己设计散热器完成, 相见后面的 PCB 设计。

### 3. 允许的供电电压范围

一般 IC 只能适应一定的电压范围，在一定的电压范围变化时会影响到 LED 负载电流，是目前 LED 驱动 IC 设计通病，有待技术慢慢提高。而我们设计人员要避免，输入电压短时间内变化太大，线路实在是不能避免的，要有条件的接受负载变化范围。

输入电压结合输出 LED 驱动电压值，确定驱动线路是降压、升降压还是升压驱动方式。要仔细了解 IC 是否支持上述工作方式，要注意 IC 规格书及宣传资料误导！

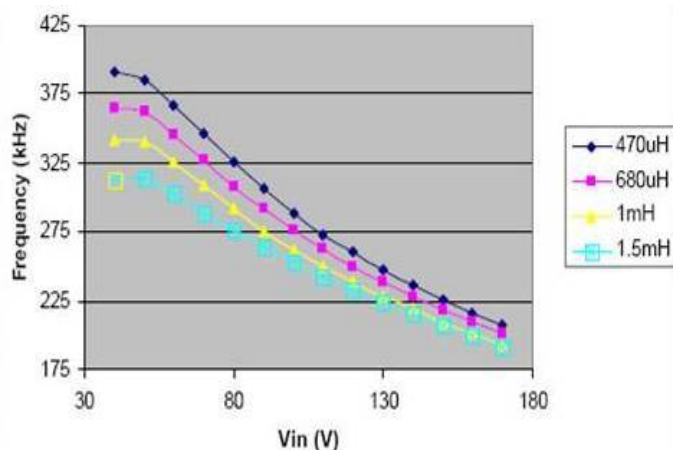
### 4. 其它特殊要求

特殊要求一般指：工作效率、工作频率、PFC、封装等等问题：工作效率是有条件的，规格书一般是说最好的情况下，您的设计受条件限制不一定有这么高。工作频率会不会干扰其它设备等等特殊问题。

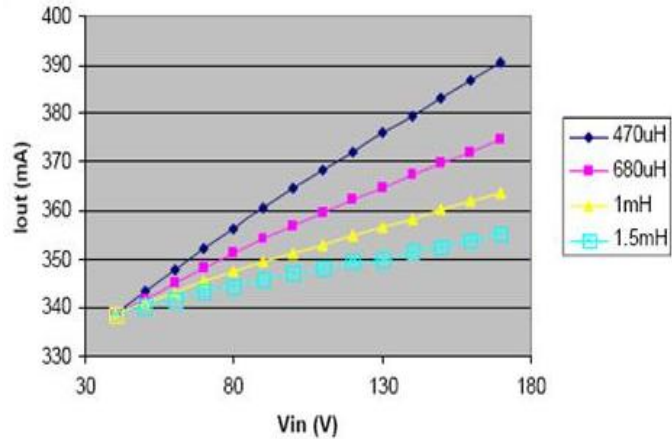
#### 电感选择：

在设计 LED 恒流源时为保持严格的滞环电流控制，电感必须足够大，保证在 HO, ON 期间，能向负载供应能量，避免负载电流显著下降，导致平均电流跌到期望值以下。

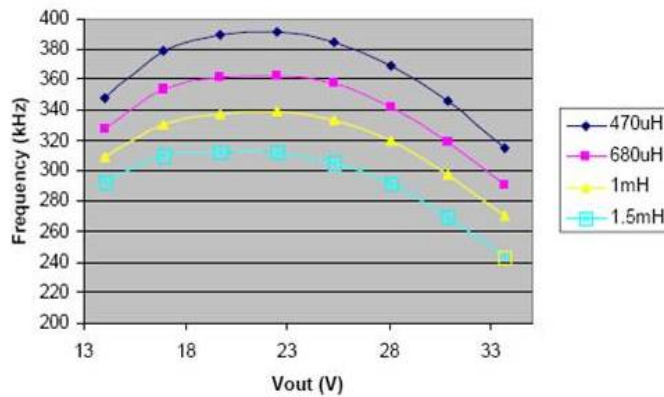
首先，我们来看一下电感的影响，假设没有输出电容 (COUT) 的存在，这样负载电流和电感电流完全一致，能更清楚地说明电感的影响。下图给出了在输入电压的变化范围内，电感值对频率的影响。可以看出，输入电压对频率的影响很大，电感值在输入低电压时对降低频率有很大影响。(注：您的不一定是和参考图完全一样，我在此只是说明问题)



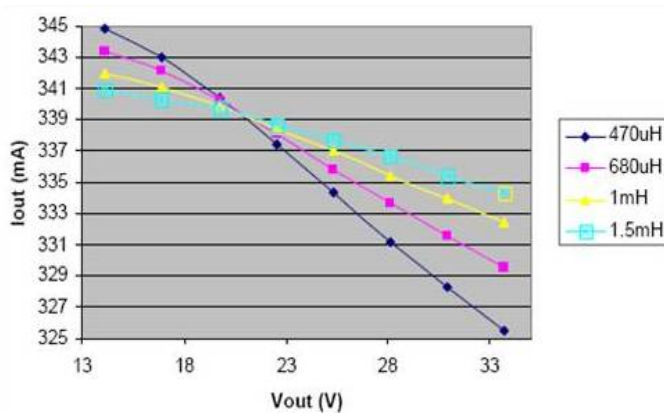
上图是不同电感值下的频率响应。下图说明了电感减小时，在输入电压的变化范围内，负载电流的变化明显增大。



下图给出了频率根据不同的输出电压和不同的电感值的变化曲线。



下图，说明了电感减小时，在输出电压的变化范围内，负载电流的波动明显增大。



LED 的驱动电路产生人耳听得见的噪声 (audible noise, 或者 microphonic noise). 通常白光 LED 驱动器都属于开关电源器件 (buck、boost、charge pump 等), 其开关频率都在 1MHz 左右, 因此在驱动器的典型应用中是不会产生人耳听得见的噪声. 但是当驱动器进行开关调节的时候, 如果 PWM 信号的频率正好落在 200Hz 到 20kHz 之间, 白光 LED 驱动器周围的电感和输出电容就会产生人耳听得见的噪声. 所以设计时要避免使用 20kHz 以下低频段。

我们都知道,一个低频的开关信号作用于普通的绕线电感(wire winding coil),会使得电感中的线圈之间互相产生机械振动,该机械振动的频率正好落在上述频率,电感发出的噪音就能够被人耳听见.电感产生了一部分噪声,另一部分来自输出电容。质量不好、绕制松散电感器件也会有噪声;未屏蔽的电感在金属外壳安装时会发生线路震荡频率改变,从而产生噪声,这时需要将电感屏蔽;另外,当被屏蔽干扰信号的波长正好与金属机壳的某个尺寸接近的时候,金属机壳很容易会变成一个大谐振腔,即:电磁波会在金属机壳内来回反射,并会产生互相迭加。

选择电感感值大小在参考设计范围左右最多的是您的经验值,合适的选择感值主要需要考虑的条件是线路工作在合适的频率范围、合适的开关频率减少 MOS 开关次数,减少 mos 发热量、避免与同 PCB 线路同频干扰;选择合适的电感内阻,内阻是电感发热的主要因数,从而提高线路效率;选择合适的电流值,有时体积和成本是制约主要因数,但是还是要大于峰值电流的 2 倍(通常在 65%),就算在板级空间十分珍贵的情况下也要保证 30%预留空间余量,这样可以有效的减小内阻,减小发热量;应用中采用一颗相对较大体积的电感器可以获得 3%至 4%的效率提升。

为了获得最佳的效率,应选用铁氧体磁芯电感器.应选择一个能够在不引起饱和的情况下处理必须的峰值电流的电感器,确保该电感铜线低的 DCR(铜线电阻).以便减小  $I^2R$  功耗.切记电感铜线绝缘层耐不了 160 度或长时间高温温度环境,SMT 有时也会有影响,会使得电感感值发生严重变化,要仔细了解供应商产品温度忍耐限度要求.

### EMC 电感选择:

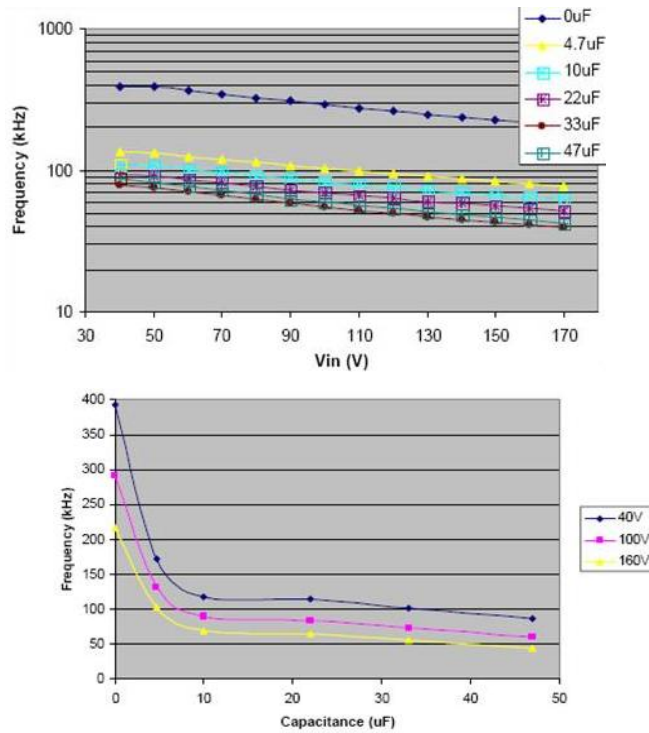
EMC 电感用在输入和输出过滤器可以用来减少传导干扰,用于低于 EMC 标准的限制设计.所有的电感器都需要铁粉磁心而非铁氧体.在它饱和前,可以处理更大电流,需要依据负载选择合适的电流值.

制作滤波电感,选用何种磁心材料,除了必须注意防止磁心饱和问题外,还必须考虑到磁心的恒磁导特性.需要指出,有些设计人员往往只注意电感量的指标,选择磁导率高的材料,以减少线圈的匝数,而对于电感额定电流较大时,电感量是否减少,减少到什么程度,会不会达到饱和,考虑较小.这是应该注意避免的.

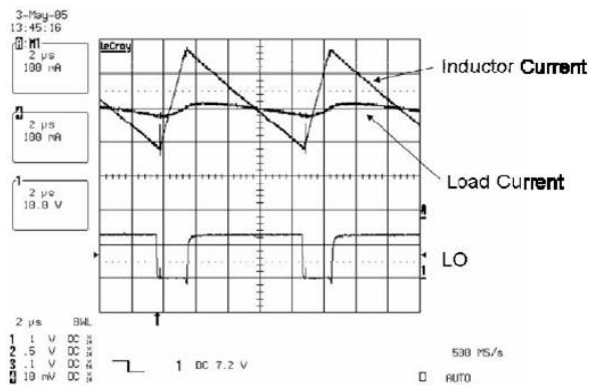
由于铁粉心具有饱和磁通密度高,恒磁导特性好,价格便宜,而得到了广泛应用.

### 输出电容器件选择:

输出可同时使用输出电容以达到目标频率和电流的精确控制.电容能在整个输入电压范围内减小频率,一个小的  $4.7\mu F$  的电容就能显著减小频率.电流的调整也能因为电容值的增加而得到改善.从下面图片可以很容易看到,图上存在一个拐点,再增加电容值,对操作频率和输出电流的调整影响不大.



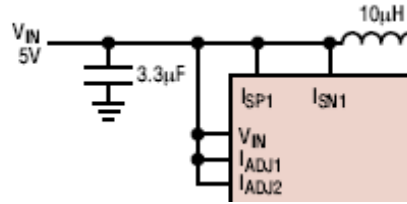
增加输出电容 (COUT), 从本质上来说, 是增加了输出级所能储存的能量, 也就意味着能供应电流的时间加长了. 因此通过减慢负载的  $di/dt$  瞬变, 频率显著减小. 有了输出电容 (COUT) 之后, 电感的电流将不再和负载上看到的电流保持一致. 电感电流仍将是完美的三角形的形状, 负载电流有相同的趋势, 只不过所有尖锐的拐角都变得圆滑了, 所有的峰值明显减小, 如下图所示.



应用设计在输出端上采用低 ESR (等效串联电阻) 陶瓷电容器, 以最大限度的减小输出波纹. 采用 X5R 或 X7R 型材料电介质, 这是与其它电介质相比, 这些材料能在较宽的电压和温度范围内维持其容量不变. 对于大多数高的电流设计, 采用一个 4.7 至 10uF 输出电容就足够了. 具有较低输出电流的转换器只需要采用一个 1 至 2.2uF 的输出电容器.

**输入电容器的选择:**





一般在驱动 IC 输入设置一颗电容，主要是解决线路开关频率对供电部分的 EMI 问题。有时大家会误认为是电源滤波而设置，事实并非这样。因其整流二极管广泛使用，价格变得非常低廉而稳定，集成到 IC 内部没有成本优势，所以大多将整流滤波部分不予整体考虑。

如果采用电解电容提供了附加的旁路或输入电源阻抗很低，则采用一颗较小的价格低的 Y5V 电容器也会有很好的效果。一般恒流器件会有非常快的上升和下降时间的脉冲从输入电源吸收电流。输入电容器未了减小输入端的合成电压纹波，并强制该开关电流进入一个严密的本机环路，从而最大限度的减低 EMI。输入电容在开关频率条件下必须具有低阻抗，以高效的完成这项工作，而且，它必须具有一个足够的额定纹波电流。通常纹波电流不会大于负载电流的 1/2 倍。

陶瓷电容器小尺寸和低阻抗（低的等效串联电阻或 ESR）特征而成为优选方案。低的 ESR 产生了非常低的电压纹波，与数值相同的其它电容器类型相比，陶瓷电容器能够处理更大的波纹电流。应选用 X5R 或 X7R 型介质陶瓷电容器。可以选用参考值多于 1/3 容值的电解电容器代替，但是体积和寿命等因数并不是很合适与 LED 匹配。钽电容会因浪涌电流过大易出现故障，也不建议在此使用。

### 肖特基二极管选择：

通常开关转换型 LED 恒流驱动 IC 在 mos 管关断期间传到电流，所选择二极管反向耐压要针对线路最高输出电压脉冲值来确定，要大于这个值。二极管的正向电流不必与开关电流限值相等。流经二极管的平均电流是  $I_f$  是开关占空比的一个函数，因此应选择一个正向电流  $I_F = I * (1-D)$  的二极管。通常二极管在功率开关断开时传到电流占空比通常小于 50%，选择电流值与驱动电流相等即可。如果需要采用 PWM 调节灰度，则需要考虑 PWM 低电平期间来自输出的二极管泄漏（有气在热点上），这一点或许也很重要。

升压型转换器中的输出二极管在开关管关断期间流过电流，二极管要承受反向电压等于稳压器输出电压。正常的工作电流等于负载电流，峰值电流等于电感峰值电流。

$$I_d (\text{二极管电流}) = I_l (\text{电感电流}) = (1+X/2) * I_{out} (\text{最大电流}) / (1-D_{max})$$

二极管消耗功率为：

$$P_d = I_{out} (\text{最大}) * V_d$$

保持较短的二极管引线长度并遵循正确的开关节点布局，以免振铃过大和功耗增大。耐压不是越高越好，是要合适，高耐压肖特基二极管  $V_f$  值也会高些，功耗会大，价格也会高。相对耐压大电流的型号  $V_f$  值会低些，成本也会稍有增加，没

有成本压力可以考虑。

经常可以使用的二极管可以是：

IN5817	1A	20V
IN5819	1A	40V
CMSH1-60M	1A	60V
CMSH1-100M	1A	100V
BYV26A	1.5A	200V
BYV26B	1.5A	400V
BYV26C	1.5A	600V
BYV26D	1.5A	800V
B220	2A	20V
B240	2A	40V
B2100	2A	100V
B320	3A	20V
UPS340	3A	40V
SBM430	3A	40V
8ETU04	8A	400V

### LED 恒流驱动器件 MOSFET 选择！

常用的是 NMOS。原因是导通电阻小，应用较为广泛，也符合 LED 驱动设计要求。所以开关电源和 LED 恒流驱动的应用中，一般都用 NMOS。下面的介绍中，也多以 NMOS 为主。

功率 MOSFET 的开关特性：MOSFET 功率场效应晶体管是用栅极电压来控制漏极电流的，因此它的一个显著特点是驱动电路简单，驱动功耗小。其第二个显著特点是开关速度快，工作频率高，功率 MOSFET 的工作频率在下降时间主要由输入回路时间常数决定。

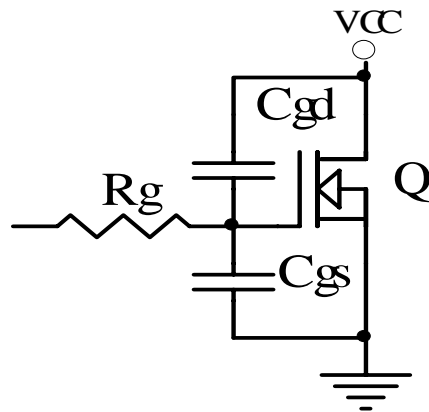
MOS 管的三个管脚之间有寄生电容存在，由于制造工艺限制产生的。寄生电容的存在使得在设计或选择驱动电路的时候要麻烦一些，但没有办法避免。MOSFET 漏极和源极之间有一个寄生二极管。这个叫体二极管，在驱动感性负载，这个二极管很重要。体二极管只在单个的 MOS 管中存在，在集成电路芯片内部通常是没有的。

MOS管是电压驱动器件，基本不需要激励级获取能量，但是功率MOSFET和双极型晶体管不同，它的栅极电容比较大，在导通之前要先对该电容充电，当电容电压超过阈值电压（VGS-TH）时MOSFET才开始导通。因此，栅极驱动器的负载能力必须足够大，以保证在系统要求的时间内完成对等效栅极电容（CEI）的充电。

MOSFET 的开关速度和其输入电容的充放电有很大关系。使用者虽然无法降低  $C_{in}$  的值，但可以降低栅极驱动回路信号源内阻  $R_s$  的值，从而减小栅极回路的充放电时间常数，加快开关速度。一般 IC 驱动能力主要体现在这里，我们谈选择

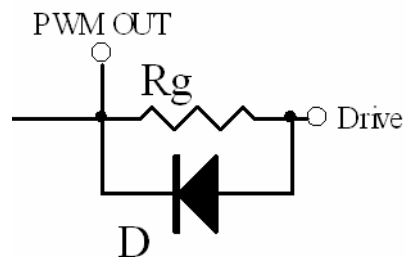
MOSFET 是指外置 MOSFET 驱动恒流 IC。内置 MOSFET 的 IC 当然不用我们再考虑了，一般大于 1A 电流会考虑外置 MOSFET。为了获得更大、更灵活的 LED 功率能力，外置 MOSFET 是唯一的选择方式，IC 需要合适的驱动能力，MOSFET 输入电容是关键参数！

下图  $C_{gd}$  和  $C_{gs}$  是 MOSFET 等效结电容。



一般 IC 的 PWM OUT 输出内部集成了限流电阻，具体数值大小同 IC 的峰值驱动输出能力有关，可以近似认为  $R = V_{cc} / I_{peak}$ 。一般结合 IC 驱动能力  $R_g$  选择在 10-20  $\Omega$  左右。

一般的应用中 IC 的驱动可以直接驱动 MOSFET，但是考虑到通常驱动走线不是直线，感量可能会更大，并且为了防止外部干扰，还是要使用  $R_g$  驱动电阻进行抑制。考虑到走线分布电容的影响，这个电阻要尽量靠近 MOSFET 的栅极。



以上讨论的是 MOSFET ON 状态时电阻的选择，在 MOSFET OFF 状态时为了保证栅极电荷快速泻放，此时阻值要尽量小。通常为了保证快速泻放，在  $R_g$  上可以并联一个二极管。当泻放电阻过小，由于走线电感的原因也会引起谐振（因此有些应用中也会在这个二极管上串一个小电阻），但是由于二极管的反向电流不导通，此时  $R_g$  又参与反向谐振回路，因此可以抑制反向谐振的尖峰。这个二极管通常使用高频小信号管 1N4148。

MOS 开关管损耗：不管是 NMOS 还是 PMOS，导通后都有导通电阻存在，这样电流



就会在这个电阻上消耗能量，这部分消耗的能量叫做导通损耗。选择导通电阻小的MOSFET会减小导通损耗。现在的小功率MOSFET导通电阻一般在几十毫欧左右，几毫欧的也有。

MOSFET导通和截止的时候，一定不是在瞬间完成的。MOSFET两端的电压有一个下降的过程，流过的电流有一个上升的过程，在这段时间内，MOSFET管的损耗是电压和电流的乘积，叫做开关损耗。通常开关损耗比导通损耗大得多，而且开关频率越快，损失也越大。在LED恒流源设计中要注意频率的选择，降低损耗但也要兼顾杂声的出现。

导通瞬间电压和电流的乘积很大，造成的损耗也就很大。缩短开关时间，可以减小每次导通时的损耗；降低开关频率，可以减小单位时间内的开关次数。这两种办法都可以减小开关损耗。

输出的要求：因为MOSFET一般都连接着感性电路，会产生比较强的反向冲击电流。另外一个需要注意的问题是对瞬间短路电流的承受能力，对于高频SMPS尤其如此。瞬间短路电流的产生通常是由于驱动电平脉冲的上升或下降过程太长，或者传输延时过大，瞬间短路电流会显著降低电源的效率，是MOSFET发热的原因之一。

估算结区温度：一般来说，即使源极/漏极电压超过绝对的最大额定值，功率MOSFET也很少发生击穿。功率MOSFET的击穿电压(BVDSS)具备正向的温度系数。因此，温度越高，击穿器件所需的电压越高。在许多情况下，功率MOSFET工作时的环境温度超过25℃，其结区温度会因能量耗散而升至高于环境温度。

当击穿真正发生时，漏极电流会大得多，而击穿电压甚至比实际值还要高。在实际应用中，真正的击穿电压会是额定低电流击穿电压值的1.3倍。

尽管非正常的过压尖峰不会导致器件击穿，但为了确保器件的可靠性，功率MOSFET的结区温度应当保持于规定的最大结区温度以下。器件的稳态结区温度可表达为：

$$T_{\{J\}}=P_{\{D\}}R_{\{JC\}}+T_{\{C\}}$$

其中， $T_{\{J\}}$ ：结区温度； $T_{\{C\}}$ ：管壳温度； $P_{\{D\}}$ ：结区能耗； $R_{\{JC\}}$ ：稳态下结区至管壳的热阻。

不过在很多应用中，功率MOSFET中的能量是以脉冲方式耗散，而不是直流方式。当功率脉冲施加于器件上时，结区温度峰值会随峰值功率和脉冲宽度而变化。在某指定时刻的热阻叫做瞬态热阻，并由下式表达：

$$Z_{\{JC\}}(t)=r(t)R_{\{JC\}}$$

这里， $r(t)$ 是与热容量相关，随时间变化的因子。对于很窄的脉冲， $r(t)$ 非常小；

但对于很宽的脉冲， $r(t)$ 接近 1，而瞬态热阻接近稳态热阻。

有时输入电压并不是一个固定值，它会随着时间或者其他因素而变动。这个变动导致 PWM 电路提供给 MOSFET 管的驱动电压是不稳定的。为了让 MOSFET 管在高 gate 电压下安全，很多 MOSFET 管内置了稳压管强行限制 gate 电压的幅值。在这种情况下，当提供的驱动电压超过稳压管的电压，就会引起较大的静态功耗。同时，如果简单的用电阻分压的原理降低 gate 电压，就会出现输入电压比较高的时候，MOS 管工作良好，而输入电压降低的时候 gate 电压不足，引起导通不够彻底，从而增加功耗。

MOSFET 导通时需要是栅极电压大于源极电压。而高端驱动 MOS 管导通时源极电压与漏极电压（VCC）相同，所以这时栅极电压要比 VCC 大 4V 或 10V。4V 或 10V 是常用的 MOSFET 的导通电压，设计时需要选择合适。合适的门电压会使得导通时间快，导通电阻小。目前市场上也有低电压驱动 MOSFET，但耐压都较低，可以选择用在串接要求不是很高的场合。

常用 LED 驱动 MOSFET 推荐：

VN2204	40V	8A
VN3205	50V	1.2A
IRFL014	60V	2.7A
IRF840	500V	8A
2SK2545	600V	6A
IRFB20N50K	500V	20A

### PCB 布线设计指南：

细致的 PCB 布线对获得低开关损耗和稳定性的工作状态至关重要，尽可能的使用多层板以便更好地抑制噪声干扰。大电流地回路、输入旁路电容地线和输出电容地线采用单点连接（即：星形接地方式），进一步降低接地噪声。正常工作状态下一般有两个大电流回路：一个是，MOSFET 导通回路，由 IN→电感→LED→MOSFET→检测电阻→GND；另一个是，电感→LED→续流二极管。为了降低噪声干扰，每个回路的面积应尽可能的小。

当散热条件超出所选用 IC 封装允许的范围时，需要设计外加散热器。超出的热量不多，可以在设计 PCB 时加宽管脚铜箔，延伸散热，IC 的管脚散热是有效的；娇小型封装 IC 很多散热器在底部，贴片后靠铜箔散热，铜箔为了更好的散热可以将绿油层开掉；有效的过孔将热量传导到 PCB 背面散热；在散热量较大时，可以选择铝基板设计，在密封的环境下显得非常重要，铝基板可以直接贴装到产品外壳上面，会有很好的散热效果。