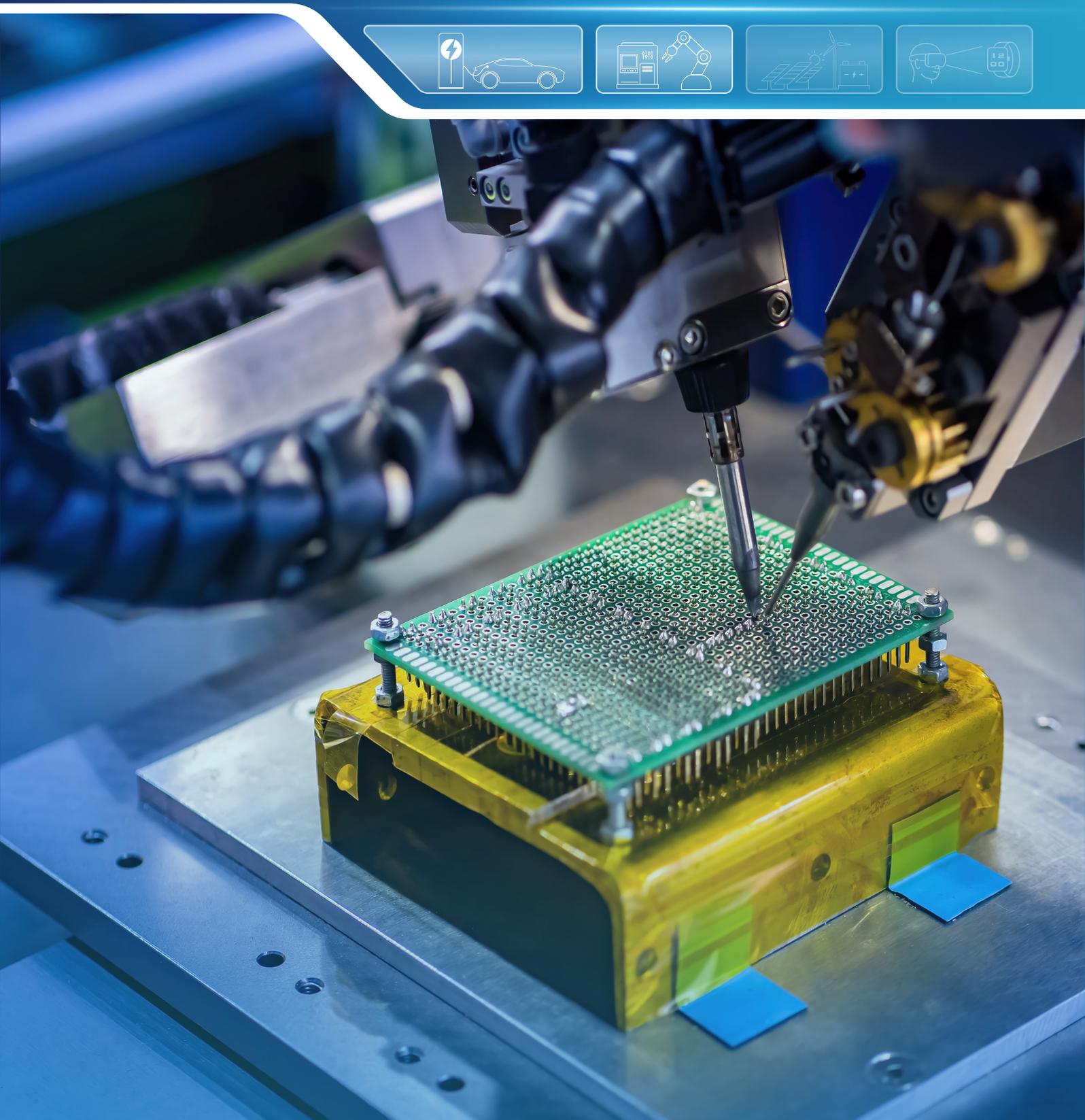


# 栅极驱动IC最大开关频率估算

AN-15-0010

作者：Xiaowen Jiang



# 栅极驱动IC最大开关频率估算

## 摘要

最大开关频率是栅极驱动芯片的一个重要指标，其受到驱动芯片的封装、负载条件以及散热等影响。本应用手册以NSD1026V为例，详细说明了栅极驱动芯片的最大开关频率的估算方法及其注意点。

## 目录

1. 驱动损耗计算 .....	2
2. 最大开关频率估算 .....	4
3. 修订历史 .....	6

# 栅极驱动IC最大开关频率估算

## 1. 驱动损耗计算

驱动芯片的最大开关频率与芯片功耗以及散热能力有关，估算驱动芯片的最大开关频率，首先需要计算芯片的功耗。下面以NSD1026V为例，说明低边驱动芯片的损耗计算过程。

应用中栅极驱动带来的损耗，包括驱动芯片带来的损耗以及来自外围电路的驱动损耗 $P_{GD}$ ，而驱动芯片的损耗 $P_{GD}$ 主要由两部分组成。

第一部分是驱动器静态功耗损耗 $P_{GQ}$ ，由驱动芯片的静态功耗和在一定开关频率下工作的自功耗组成。这部分功耗的测试方法是，在OUTA和OUTB引脚空载情况下，INA和INB给定PWM信号，可以测试得到在固定供电电压VDD下的功耗 $P_{GQ}$ 。

在NSD1026V (NSD1026V-Q1) 的Datasheet中提供了VDD=12V，开关频率为500kHz的空载动态电流 $I_{GQ}$  (为了区别于动态功耗，这里的命名进行更改)。因此，静态功率损耗 $P_{GQ}$ 可以用下面的公式进行计算：

$$P_{GQ} = V_{DD} \times I_{GQ}$$

Operating current	$I_{DD(OP)}$	2	mA	$f=500kHz$
-------------------	--------------	---	----	------------

图1.1

下图给出了NSD1026V的空载动态电流 $I_{GQ}$ 与开关频率 $f_{sw}$ 以及供电电压 $V_{DD}$ 的关系曲线，可以用作补充说明。

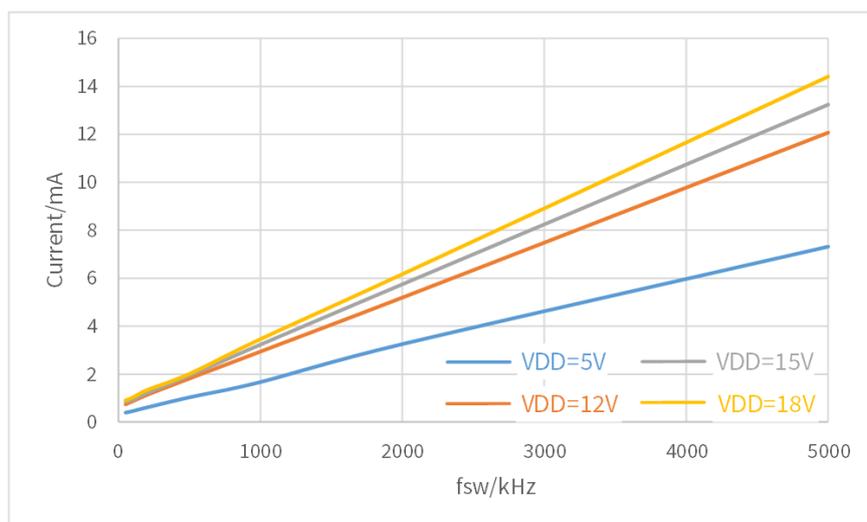


图1.2

## 栅极驱动IC最大开关频率估算

驱动动态功率损耗的产生是由于驱动芯片在每个周期内对负载进行充电和放电，与驱动负载情况、开关频率  $f_{SW}$  以及供电电压  $V_{DD}$  有关。对于双通道低边驱动NSD1026V而言，由负载切换引起的动态功耗可以按照下面的公式进行计算：

$$P_{GOA} = 2 \times V_{DD} \times Q_G \times f_{SW}$$

其中， $Q_G$  是功率晶体管的栅极电荷。

第二部分的驱动芯片的动态功耗  $P_{GO}$  是驱动动态总功耗  $P_{GOA}$  的一部分，如果外部栅极驱动电阻为0，则动态功耗  $P_{GO}$  等于驱动动态功耗  $P_{GOA}$ ，即所有驱动损耗都消耗在NSD1026V的内部。如果存在外部驱动电阻，则总功耗消耗在驱动器内部的MOS等效开通电阻以及外部驱动电阻之间。这里特别说明的是，如果驱动输出和吸收电流没有达到饱和电流，MOS的开通电阻都是线性且固定的电阻；如果输出和吸收电流达到饱和，MOS的开通电阻将是非线性的；这两种情况下的动态功耗是不一样的。

当输出和吸收电流没有达到饱和电流时，动态功耗  $P_{GO}$  的计算公式如下：

$$P_{GO} = \frac{P_{GOA}}{2} \times \left( \frac{R_{OH}}{R_{OH} + R_{ON} + R_{FET}} + \frac{R_{OL}}{R_{OL} + R_{OFF} + R_{FET}} \right)$$

其中， $R_{OH}$  和  $R_{OL}$  是NSD1026V输出结构的MOS的等效开通电阻，可以从Datasheet中查询得到，如图1.4； $R_{ON}$  和  $R_{OFF}$  是驱动开通和关断电阻； $R_{FET}$  是功率晶体管的内部栅极电阻。

Output pull-up resistance	$R_{OH}$	1.1	2.3	$\Omega$	$I_{OUT}=100mA$
Output pulldown resistance	$R_{OL}$	0.6	1.5	$\Omega$	$I_{OUT}=100mA$

图1.3 驱动芯片输出上下拉电阻（来自NSD1026V Datasheet）

当输出和吸收电流达到饱和电流时，动态功耗  $P_{GO}$  的计算公式如下：

$$P_{GO} = 2 \times f_{SW} \times [I_{SRC} \times \int_0^{T_{RSYS}} (V_{DD} - V_{OUTA/B}(t)) dt + I_{SNK} \times \int_0^{T_{FSYS}} V_{OUTA/B}(t) dt]$$

其中， $V_{OUTA/B}$  是OUTA和OUTB引脚在开通和关断过程中的电压， $T_{RSYS}$  和  $T_{FSYS}$  是实际应用中的开通和关断时间， $I_{SRC}$  和  $I_{SNK}$  为芯片输出引脚内部MOS的饱和电流，可以从数据手册中查询得到。

## 栅极驱动IC最大开关频率估算

Peak Source Current	$I_{SRC}$	5	A	$t_{pulse}=200ns$
Peak Sink Current	$I_{SNK}$	-5		$t_{pulse}=200ns$

图1.4 驱动芯片Peak Current (来自NSD1026V Datasheet)

在一些情况下,可能某一个通道输出/吸收电流饱和,而另一个不饱和,可以根据情况调整动态功耗的计算表达式。

结合上面的计算,驱动芯片的损耗为:

$$P_{GD} = P_{GQ} + P_{GO}$$

## 2.最大开关频率估算

芯片工作的最大开关频率受限于芯片的结温,在Datasheet中有明确的推荐工作结温范围,如图2.1所示。NSD1026V的推荐结温范围为-40~125°C,当超出推荐工作温度范围时,可能影响芯片的寿命以及工作性能。而为了判断芯片的结温,可以利用Datasheet中提供的热阻参数,如图2.2所示。

### 4.Recommended operating Conditions

Parameters	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Comments
Supply Voltage	VDD	4.6		26	V	
Input Pin Voltage	$V_{INA,B}$	-6		24	V	
Enable Pin Voltage	$V_{ENA,B}$	-6		24	V	
Operating Junction Temperature	$T_J$	-40		125	°C	

图2.1 推荐工作范围 (来自NSD1026V Datasheet)

## 栅极驱动IC最大开关频率估算

Parameters	Symbol	SOP8	HMSOP8	DFN8	Unit
Junction-to-ambient thermal resistance (1)	$R_{\theta JA}$	110	65	60	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Junction-to-case(top) thermal resistance (1)	$R_{\theta JC(top)}$	55	62	55	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Junction-to-top Characterization parameters (2)	$\Psi_{JT}$	18	7	6	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Junction-to-board Characterization parameters (2)	$\Psi_{JB}$	60	32	30	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

- 1) Tested using High Effective Thermal Conductivity Test Board (2s2p) described in JESD51-7  
 2) Tested following the environment described in JESD51-2a

图2.2 热阻参数（来自NSD1026V Datasheet）

结-环境的热阻参数 $R_{\theta JA}$ 提供了特定测试条件下的结温判断方法，可以根据下面的公式进行计算，其中 $T_J$ 是芯片结温， $T_A$ 是环境温度。

$$T_J = T_A + R_{\theta JA} \times P_G$$

然而， $R_{\theta JA}$ 不仅是封装的可变参数，也是很多系统级特性的可变参数，比如印制电路板的设计和布局。当在静止空气中进行 $R_{\theta JA}$ 的测试时，对于引线型封装，大部分热量通过封装引线释放到PCB中，只有少部分热量通过外壳顶部释放。因此，当改变测试板或散热器的设计时，测量得到的 $R_{\theta JA}$ 受到影响。在应用系统中，实际工作环境和标准 $R_{\theta JA}$ 的测试环境相差很大，使用上面的公式进行结温判断，可能得到一个错误的值。

另一个常被提及的是结-壳顶热阻参数 $R_{\theta JC(top)}$ ，在特定的测试条件下，使用热电偶或者热成像仪确定芯片表面的温度，并通过下面的公式计算芯片的结温，其中， $T_c$ 是芯片壳顶温度。

$$T_J = T_c + R_{\theta JC(top)} \times P_G$$

然而在 $R_{\theta JC(top)}$ 的测量过程中，常通过铜制冷板以强制芯片热量几乎全部流向芯片表壳，这与应用系统环境同样相悖。在应用系统中，来自芯片的大部分热量将从PCB进行对流和辐射，如果假设全部功率由芯片顶部耗散，得到的结果也是一个错误的值。

为了更好地测量应用中的芯片结温，推荐使用Datasheet中标注的 $\Psi_{JT}$ 来提升结温估计的准确性。因此，驱动芯片内部的结温 $T_J$ 可以按照下面的公式进行计算：

$$T_J = T_c + \Psi_{JT} \times P_G$$

特别说明的是，使用热电偶测试芯片表壳温度 $T_c$ 时，推荐使用细规格线（36~40 gauge, J或K型）以降低热电偶带来的局部冷却。

## 栅极驱动IC最大开关频率估算

### 3.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Xiaowen Jiang	2024/9/30

销售联系方式: [sales@novosns.com](mailto:sales@novosns.com); 获取更多信息: [www.novosns.com](http://www.novosns.com)

### 重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权,包括但不限于对信息准确性、完整性,产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责,并确保应用的安全性。客户认可并同意:尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供,但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用,不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源,或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等,纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息,请与纳芯微电子联系([www.novosns.com](http://www.novosns.com))。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有