

# 估算 DS2715 NiMH 电池充电器的开关速度

Bryan Mueller

摘要: DS2715 电池充电器的开关速度因充电模式、电感选择和电池电压而有所不同。某些情况下,需要了解各种条件下的开关速度,以解决噪声灵敏度、峰值充电电流和电感选择限制等问题。本应用笔记提供了一个简便易用的数据表来帮助评估不同元件、电池参数和充电模式下的电路开关速度。

## 引言

DS2715 电池充电器设计工作在开关模式时,迅速确定电路的开关频率范围非常有用。了解并控制开关频率可以帮助优化电感选择,为晶体管的选择以及PCB布板提供指导。在利用DS2715 进行NiMH电池充电的不同阶段,对电源电流的不同需求以及不同的电池电压都会使工作频率在很大的范围内发生变化。本应用笔记对DS2715 开关模式下的充电电路进行了分析,同时提供一个简便易用的数据表来帮助估算不同工作点的开关频率。

## 电路原理

图 1 所示电路为buck开关充电器的等效电路,电池和检流电阻相当于负载。DS2715 将 $R_{SENSE}$ 的电压调节到预设数值。检流电阻和预置的基准电压控制 $I_{CHARGE}$ 。对于NiMH电池,通常有 4 个充电阶段—其中 3 个阶段(预充电、快速充电和浮充)由检流电阻的电压进行调节;第 4 个阶段,即保持状态,通过一条非稳流环路提供连续的小电流充电,以补充电池的自放电。预充电和浮充状态下的电流为快速充电状态下平均充电电流的 25%。DS2715 通过调整 $V_{SENSE}$ 比较器的内部基准电压来降低 $I_{CHARGE}$ 。

电池组的状态决定进入哪个充电状态。电池电压低于 1.0V时,采用预充模式缓慢地对电量将近耗尽的电池进行充电。当电池电压高于 1.0V、低于 1.65V时采用快速充电模式,但也可能在达到其它条件时终止快速充电。快速充电持续预先设置的一段时间后进入浮充模式。 $R_{PARASITIC}$ 是一个可选参数项,用于表示电池、保险丝或其它非理想导体引线的寄生压降。

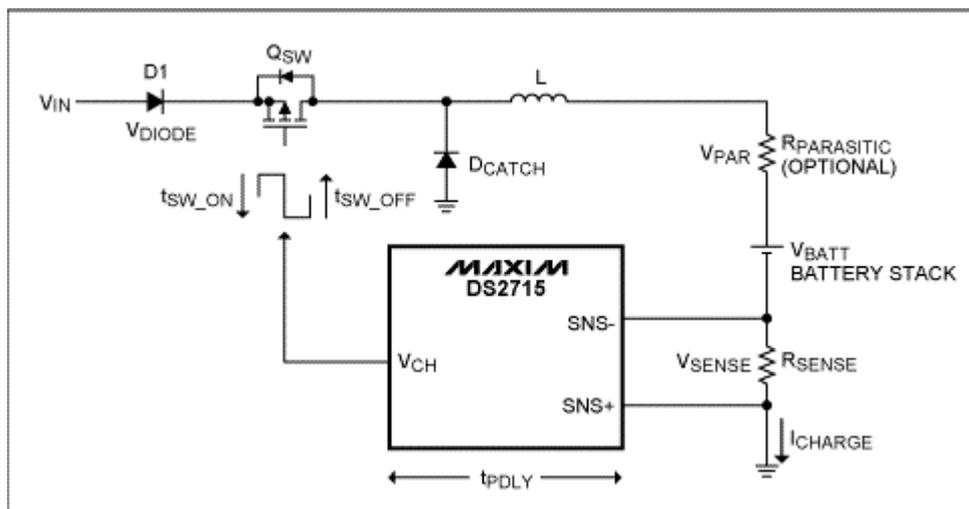


图 1. DS2715 开关模式参考电路

用于调节检流电阻电压的控制电路包括一个带有基准的滞回比较器，比较器输出驱动一个开漏输出引脚。预充和浮充模式下的滞回电压约为快充模式下的 25%，因为这些模式下使用的基准电压较低。开关速度取决于  $I_{\text{CHARGE}}$  从一个峰值到达另一个峰值然后返回需要的时间，包括反馈电路及开关切换  $Q_{\text{SW}}$  和  $D_{\text{CATCH}}$  的所有延时。这些延时会使  $I_{\text{CHARGE}}$  超过比较器的一个或两个门限，从而导致高于标称值的峰值变化。图 2 给出了一个理想的开关控制波形，图 3 则为  $Q_{\text{SW}}$  出现过长关闭延时的波形。

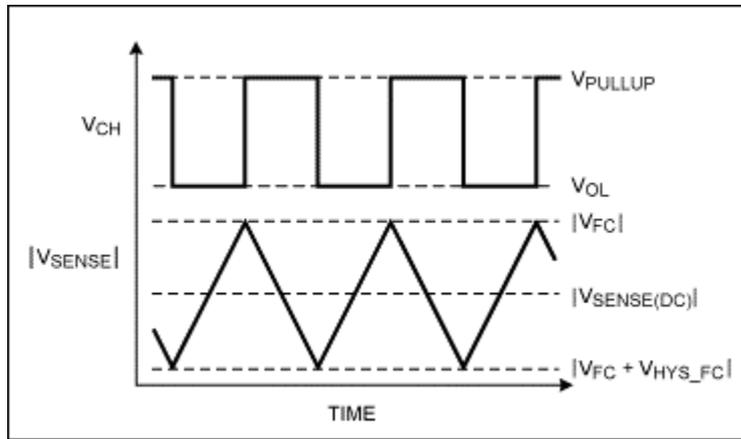


图 2. 理想的充电电流控制波形(没有按比例绘制)

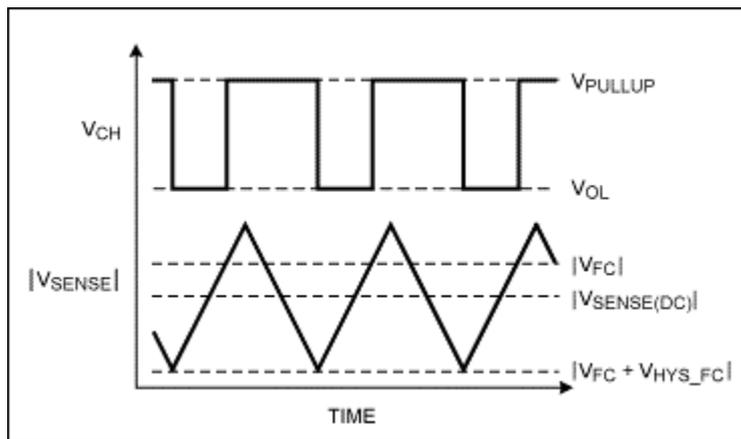


图 3.  $Q_{\text{SW}}$  断开缓慢的充电电流控制波形(没有按比例绘制)

## 计算方法

$I_{\text{CHARGE}}$  的变化率由电感  $L$  的电压和电流间的关系式决定：

$$V = L \times \frac{di}{dt} \text{ 和 } dt = L \times \frac{di}{V}$$

由此， $Q_{\text{SW}}$  的开、关状态持续时间会随着每种状态下  $L$  的电压及  $I_{\text{CHARGE}}$  从峰值到峰值的变化而不同。 $I_{\text{CHARGE}}$  的峰峰值由充电模式的滞回电压及导致比较器电平过冲的任何控制电路延时决定。有关检流比较器的快速充电基准电压 ( $V_{\text{FC}}$ ) 和滞回电压 ( $V_{\text{HYS\_FC}}$ ) 的定义请参考 DS2715 数据资料。

为了简化开关速度的近似计算，假设每个  $Q_{\text{SW}}$  状态下电感电压保持稳定不变。此外，我们还假设  $V_{\text{SENSE}}$  从峰值到峰值的中点  $[V_{\text{FC}} + (0.5 \times V_{\text{HYS\_FC}})]$  保持合理的稳态条件，以便计算每种状态下的电感电压。经过上述简化，可以计算出  $Q_{\text{SW\_ON}}$

和 $Q_{SW\_OFF}$ 状态下图 1 所示参考电路的环路电压，按照下式可以得到给定电池电压下的电感电压：

$$V_L(Q_{SW\_ON}) = V_{IN} - V_{DIODE} - V_{QSW} - V_{PAR} - V_{BATT} - V_{SENSE} \quad (\text{公式 1})$$

$$V_L(Q_{SW\_OFF}) = V_{PAR} + V_{BATT} + V_{SENSE} + V_{DCATCH} \quad (\text{公式 2})$$

由于电池电压在快速充电模式下的电压范围为 1.0V 到 1.65V，可以首先计算电感电压，然后计算几个工作点的开关速度。我们提供了一个数据表供用户[下载](#)。该数据表可以帮助计算本应用笔记介绍的快速充电模式下的 3 个不同的电池电压以及预充、浮充模式下的电池组电压。

计算出每种状态、每个工作点的电感电压后，将控制电路的延时合并到 $Q_{SW}$ 的开、关时间内。根据我们的近似条件，首先使用以下公式计算由于 $Q_{SW}$ 的开、关延时导致的额外 $I_{CHARGE}$ 变化：

$$di(\text{on delay}) = dt \times V(\text{on})/L, \text{ 其中 } dt = t_{PDLY} + t_{SW\_OFF} \quad (\text{公式 3})$$

$$di(\text{off delay}) = dt \times V(\text{off})/L, \text{ 其中 } dt = t_{PDLY} + t_{SW\_ON} \quad (\text{公式 4})$$

电流的这一额外变化可以看作是 $I_{CHARGE}$ 由于控制信号或晶体管开关延时而超出比较器门限。为简便起见，我们假设电感电压在每种状态下保持不变。由于延时导致的额外变化被计入滞回引起的电流变化中，可以进行如下计算：

$$di(Q_{SW\_ON}) = V_{HYS\_FC}/R_{SENSE} + di(\text{on delay}) \quad (\text{公式 5})$$

$$di(Q_{SW\_OFF}) = V_{HYS\_FC}/R_{SENSE} + di(\text{off delay}) \quad (\text{公式 6})$$

经过调整的 $I_{CHARGE}$ 变化量代入理想的电感电压等式，结合前面的电感电压计算公式，确定 $Q_{SW}$ 的总体开、关时间。通常，双极型晶体管有可能造成过长的开关延时，需要在计算时加以特别考虑，但用户也可以对MOSFET进行建模计算。

本应用笔记介绍的公式已制作成一份数据表，有助于简便估算DS2715 开关模式充电器的开关速度。该数据表说明了用户必须输入的参数或用户可能选择修改的参数(图 4)。

[放大图形\(PDF, 1.17MB\)](#)

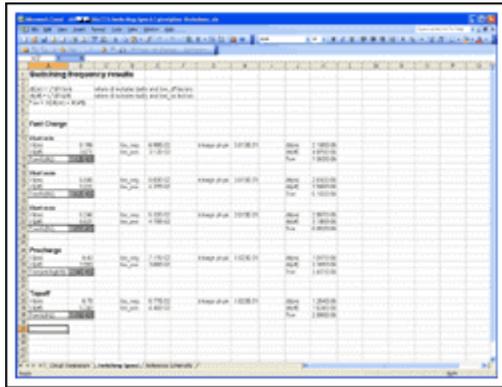
图 4. 开关速度计算表

第一组参数与参考电路的元件有关，第 2 部分包含计算过程中使用的电池组的工作点；第 3 部分描述了电流检测比较器

的内部设置点。应该将这一部分的默认值与DS2715 数据资料的数据进行核对。最后一部分参数是DS2715 的固有延时和需要考虑的由开关电路引起的任何额外延时。

## 计算结果

在数据表的第 1 个表格中输入应用电路的参数后，可从第 2 个表格查看开关频率计算结果(图 5)。该表格显示了每种模式和电池工作条件下的结果，以及得到最终开关速度结果的部分中间结果。这些计算结果包括每种状态下的电感电压、由于延时导致的 $I_{CHARGE}$ 变化以及开、关时间。



Mode	V <sub>L</sub> (V)	I <sub>CHARGE</sub> (A)	t <sub>SW</sub> (s)
Pulse Charge	1.50	0.80000	0.00000
	1.50	1.10000	0.00000
Pulse Discharge	1.50	0.80000	0.00000
	1.50	1.10000	0.00000
Precharge	1.50	0.80000	0.00000
	1.50	1.10000	0.00000

[放大图形\(PDF\)](#)

图 5. 开关速度计算结果

## 结论

通过估算与参考电路相关的开关速度，还可以获得更多信息。可以看出，影响DS2715 开关模式NiMH充电器的开关速度的主要因素有电感值、 $I_{CHARGE}$ 、高于电池组电压的 $V_{IN}$ 余量，有些情况下还可能需要考虑 $Q_{SW}$ 的开关延时。本文介绍的分析方法可用于估算这些电路的开关速度，以便在必要时有效地调整开关速度。