

离线式线性 LED 驱动器 RT7321 使用说明

摘要

[RT7321](#) 是一款适用于 220V/230V 系统的分时、分段动态组合驱动的线性 LED 驱动器，本文介绍了它的原理和比较具体的使用方法，对于初次接触者具有一定的指导作用，可供广大 LED 照明应用工程师参考使用。同样的方法和原则也适用于 [RT7322](#)，这是适用于 110V 系统的版本。

目录

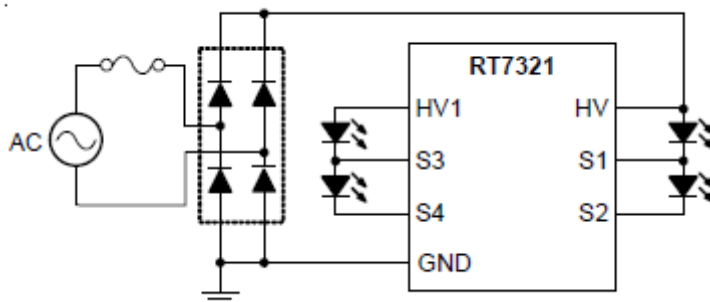
一、概述.....	2
二、RT7321 简介.....	4
三、内部恒流源.....	6
四、RT7321 的工作方式.....	7
五、怎样选择最佳的电流值和 VF 值.....	12
六、系统设计考虑.....	15
七、PCB 设计.....	16
八、总结.....	17

一、概述

离线式 LED 驱动器所面对的最大问题是 LED 的正向电压是相对固定的，而来自电网的电源电压是正弦波，所以大部分的解决方案都只能采用具有电压变换功能的开关型转换架构。因为线性驱动方式从本质上来讲就是用可变的电阻和 LED 一起串联起来去共同分享输入电压，如果简单地采用线性架构就会面临输入、输出电压不匹配的问题：当输入电压低于 LED 正向电压时，没有电流流过 LED；当输入电压高于 LED 正向电压时，必须用电阻或是具有电阻特性的器件来承担多出来的电压部分，这部分电压所代表的能量就完全被浪费掉了。由这些现象衍生出来的一个问题是电流的畸形化，这将对电网的正常工作构成威胁。

为了既能利用线性电路非常简单的优势，又能尽可能和电网供电波形匹配，最好的办法就是将 LED 尽可能多地分成多个段落，然后再根据不同的输入电压状况及时地将不同数量的 LED 段落组合起来与之进行匹配，将电压损失降到最小；从电流的角度来看，为了实现高功率因数的效果，也需要在电压不同时让流过 LED 的电流不同，这样才能实现高功率因数。从理论上讲，只要 LED 电压分段和电流分段达到无穷多，我们是可以达到几乎百分之百的转化效率和接近于 1 的功率因数的，但从实用化的角度来看，我们只能在性能和成本之间得到一个折衷的结果，[RT7321](#) 就是这样的作品。

我们先来看看在实际使用 [RT7321](#) 时，电路是如何连接的：

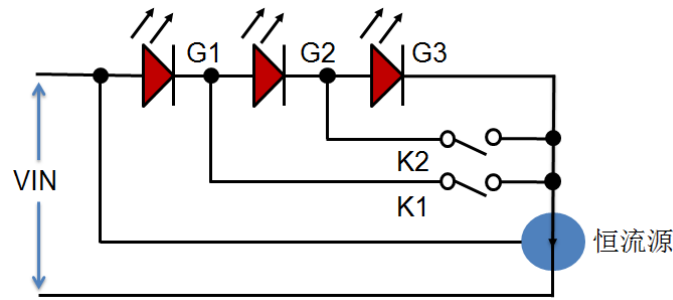


在上图中，我们可以看到来自电网的电压经过整流以后被加到 [RT7321](#) 上，这里使用的是 [RT7321](#) 的 PSOP-8 封装的版本，所以没有什么多余的端子，但是 LED 仍被分成了几个段落被分别使用，这和你过去看到的线性 LED 驱动器的用法可能是不一样的。

你过去看到的线性 LED 驱动器可能被分为两种类型：

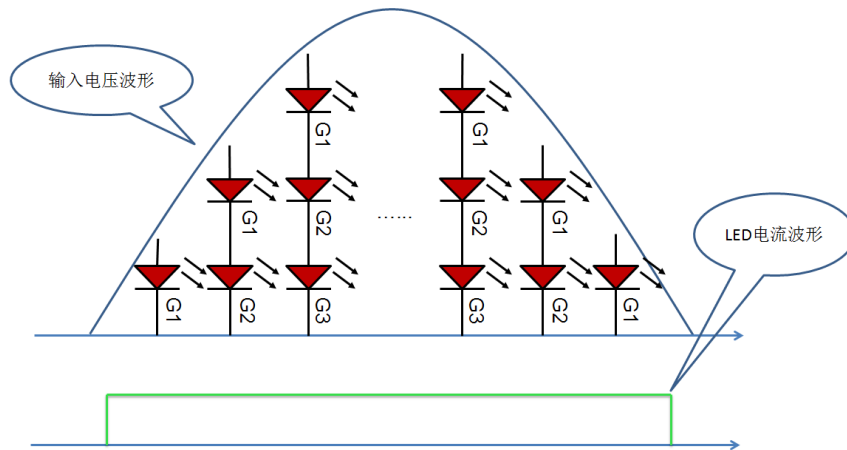
第一种是所谓的恒流二极管，这是一种二端元件，它能单向导通，但流过的电流是基本稳定的，如果你嫌这种器件的价格太贵，你可以用两只电阻+一个稳压二极管+一只普通的晶体管来搭建一个简单的稳流电路就可以很容易地把它取代了。这种恒流二极管在使用时和 LED 直接串联后接入电路中即可使用，但由于大电流、高电压施加在它上面时会造成太大的功耗，效率也会很低，所以都会建议使用高压小电流的 LED 串降低损耗、提高效率，但这样带来的坏处是只有高于 LED 正向电压+恒流二极管最小压降的输入电压部分才会让稳定的电流流过 LED，其它时候是没有电流输出的，而且效率越高时没有电流流过 LED 的时间就越长，功率因数就越低。

第二种是经过改进的分段导通式 LED 驱动器，它将 LED 分成几个段落串联连接起来，再将各段之间的连接点经开关接入恒流源，当输入电压加入时根据电压的高低实时调整 LED 的通电数量以便尽可能地提高 LED 的利用率，也让电能得到比较充分的利用。其电路结构如下图所示：

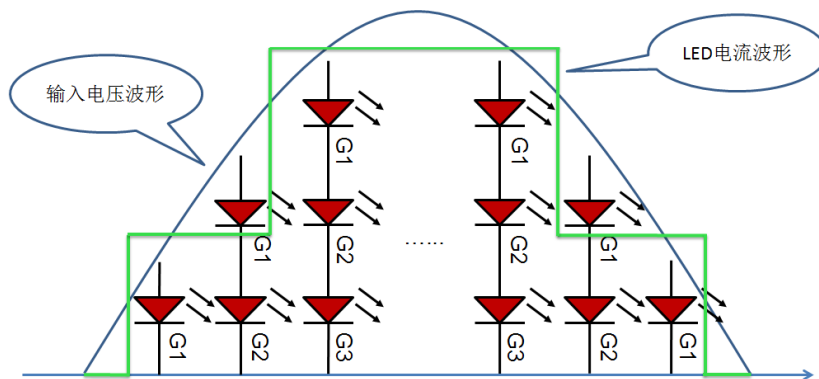


其中的恒流源部分也包含了电压检测和开关 K1、K2 的控制部分，它根据输入电压 V_{IN} 和 LED G1、G2、G3 的导通电压的关系决定 K1、K2 的状态。当输入电压高于 G1 的导通电压而低于 G1+G2 的导通电压时，K1 接通，输入电流经 G1-K1-恒流源回到电源地，此时只有 G1 发光；当输入电压高于 G1+G2 的导通电压时，K1 断开、K2 接通，输入电流经 G1-G2-K2-恒流源回到电源地，此时 G1、G2 发光，G3 不发光；当输入电压高过 G1+G2+G3 的导通电压时，K1、K2 均断开，输入电流经 G1-G2-G3-恒流源回到电源地。

我们可以看到，只要输入电压高过一段 LED 的导通电压，送入 LED 的电流就总是处于一个值上，所以带给电网的负载是一个电流方波序列（如下图所示），这种状况和我们希望的电流波形为正弦波的愿望相去甚远。



有没有可能将电流波形设计成如下图所示的形状呢？



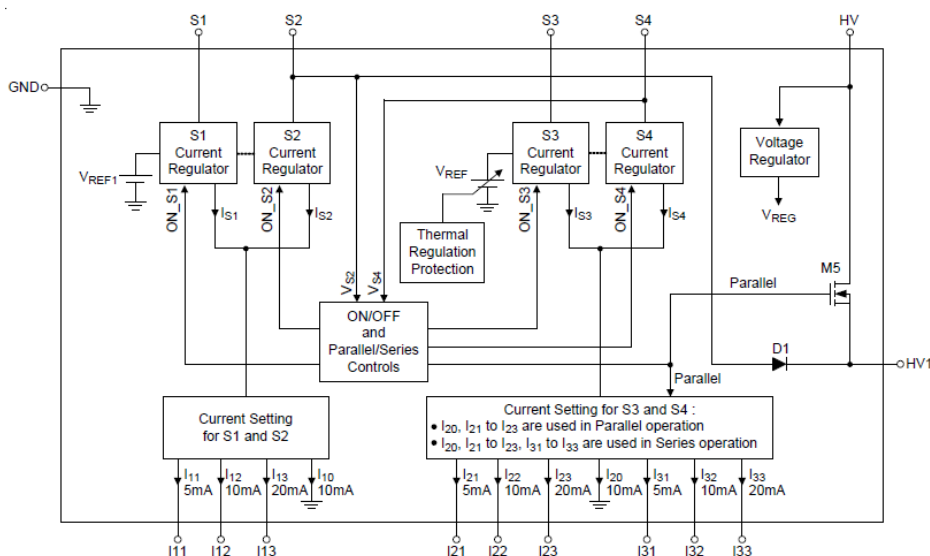
我们从形状上就能看出来这种电流波形比上面介绍的矩形波更接近正弦波的形状，所以这种波形也就可以导致更接近功率因数为 1 的效果，[RT7321](#) 就是这一尝试的结果。

二、RT7321 简介

在 [RT7321](#) 的设计中，LED 被设计为 4 个段落，这 4 个段落可以根据电压关系被设定为部分或全部串联连接或是部分或全部并联连接，而每一种连接方式下的电流也是可以由用户自行设定的，通过这样的方式，用户可以得到自己想要的电流波形，也有利于对 LED 的充分利用。在适当设计的情况下还可以得到最好的功率因数矫正的效果，也可以更充分的和各种不同规格的 LED 进行配合。下图展示了它们是如何进行电压分段和 LED 连接组合的，传统的分段模式也列入其中以资比较。

AC 输入电压波形	时间段 (电压)	传统 4S 分段点亮模式	RT7321 的分段组合点亮模式
	t1 - t2 ($V_{HV} > 1V_F$)		
	t2 - t3 ($V_{HV} > 2V_F$)		
	t3 - t4 ($V_{HV} > 3V_F$)		
	t4 - t5 ($V_{HV} > 4V_F$)		

[RT7321](#) 有两种封装形式，一种是 5mm x 5mm 大小的 WQFN-20L 封装，这种封装的好处是具有比较好的热特性，加上引脚比较多，这为用户自行设定各时段的电流值带来了方便，下图是这种封装的器件内部框图：



此封装的各端子功能简介如下：

HV —— IC 的供电端子，其工作电压范围是 1-400V，最高容许电压是 500V。

S1-S4 —— 恒流源的输入端子，连接在 LED 的阴极。每个恒流源的工作状态由当时的工作模式所决定，有时候处于恒流状态，有时候处于截至状态。每个恒流源工作时的电流值由两组数据决定：基础电流 10mA 和由与之相关的电流设定端的连接方式所决定的电流增加值。对于 **S3** 和 **S4**，串联连接和并联连接时的电流设定端子是不同的，下面会再细述。建议中的 **S1/2** 和 **S3/4** 的设定值也是不一样的，前者的设定值建议范围为 10mA-30mA，后者的设定值建议范围为 10mA-50mA。

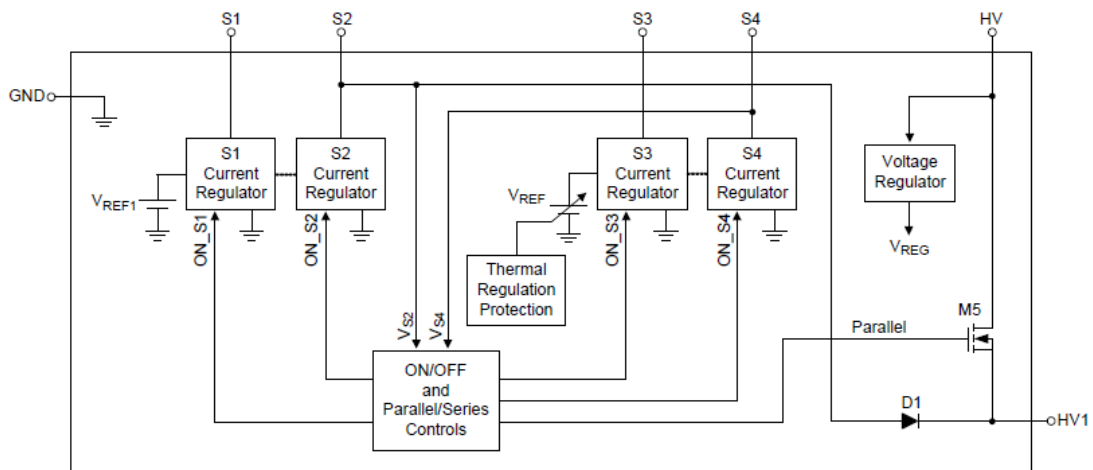
I11, I12, I13 —— 恒流源 **S1** 和 **S2** 的电流设定端，当这些端子接地时，分别将每个恒流源的电流增加 5mA、10mA 和 20mA。

I21, I22, I23 —— 恒流源 **S3** 和 **S4** 在并联连接模式时的电流设定端，当这些端子接地时，分别将每个恒流源的电流增加 5mA、10mA 和 20mA。此设定也同时在串联模式时起作用，与 **I31-33** 的设定一起形成串联电流。

I31, I32, I33 —— 恒流源 **S3** 和 **S4** 在串联连接模式时的电流设定端，当这些端子接地时，分别将每个恒流源的电流增加 5mA、10mA 和 20mA。

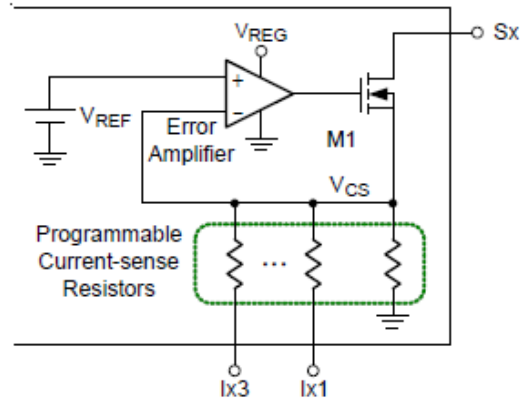
HV1 —— 内部短路开关的输出端。在并联模式时，这个端子经过一个内部 MOSFET 被短路到 HV 端；在串连模式时，这个端子经过一个内部二极管和 **S2** 连接在一起。

[RT7321](#) 的另一个封装是 PSOP-8。由于此封装端子数量有限，电流设定端子不再引出而改在封装内部经跳线预先设定了，具体的设定由用户所选择的型号所决定，其电路框图就成了下图所示的样子：



三、内部恒流源

恒流源是 [RT7321](#) 的核心部分，了解它也就了解了最基础的部分。其模型如下图所示：

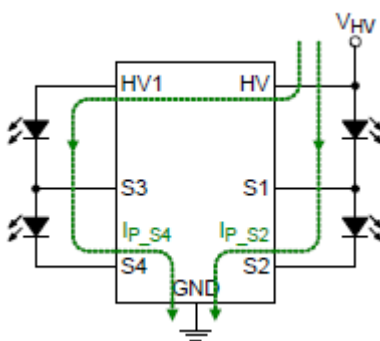


图中的 S_x 对应的是 $S1-4$ 这几个端子， I_{x1} 、 I_{x3} 这些端子则可以被理解为 $I11-33$ 等端子。流入 S_x 的电流经过 $M1$ 后再流经电阻进入 GND 端，在电阻上形成电压 V_{CS} ， V_{CS} 被送入误差放大器和参考电压 V_{REF} 进行比较，比较的结果经放大后用于调整 $M1$ 的栅极电压，达到调整输出电流至设定值的效果。这和前面介绍的恒流二极管如出一辙，不同之处是这里的电流是可以调整的，在不同情况下可以得到不同的电流，这样就可以让你自己决定电流的大小。

为了保证恒流源的恒流效果， S_x 端的电压必须高于某个值，这个值可以这样来计算：

$$V_{Sx_MIN} = 3000 \times I_{Sx_SET}^2 + 4 \text{ (V)}$$

很显然，其中的 I_{Sx_SET} 是这个恒流端子 S_x 的电流设定值，它在不同阶段可能是不同的，需要分别进行计算。这个参数实际上反映了 MOSFET 内阻的大小，这是详细的设计需要关注的地方。



上述两种状况下，各恒流源中流过的电流分别是：

$$I_{P_S1/2} = I_{10} + I_{11} \text{ (if } I_{11} = \text{GND)} + I_{12} \text{ (if } I_{12} = \text{GND)} + I_{13} \text{ (if } I_{13} = \text{GND)}$$

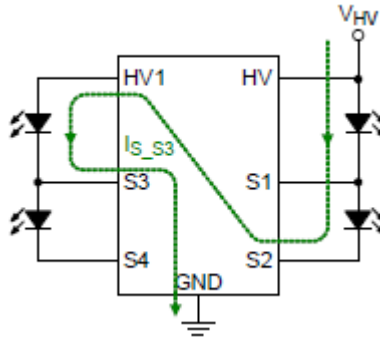
$$I_{P_S3/4} = I_{20} + I_{21} \text{ (if } I_{21} = \text{GND)} + I_{22} \text{ (if } I_{22} = \text{GND)} + I_{23} \text{ (if } I_{23} = \text{GND)}$$

请注意 S1/2 的电流是由基础电流 $I_{10}=10\text{mA}$ 和 $I_{11}-I_{13}$ 决定的，这些端子接地时电流将分别增加 5mA、10mA 和 20mA；S3/4 的电流是由基础电流 $I_{20}=10\text{mA}$ 和 $I_{21}-I_{23}$ 决定的，它们在接地时对电流的贡献也是分别增加 5mA、10mA 和 20mA。根据上述公式，我们可以得到下面的电流计算表：

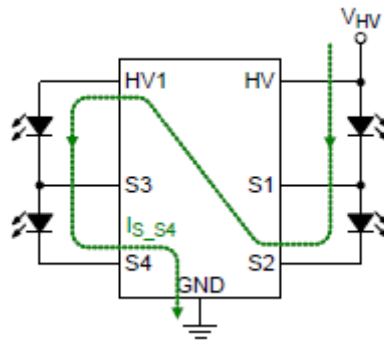
				0	1	0	1	0	1	0	1	I_{21}
				0	0	1	1	0	0	1	1	I_{22}
				0	0	0	0	1	1	1	1	I_{23}
				10	15	20	25	30	35	40	45	$I_{P_S3/4}$
0	0	0	10	20	25	30	35	40	45	50	55	并联模式总 电 流
1	0	0	15	25	30	35	40	45	50	55	60	
0	1	0	20	30	35	40	45	50	55	60	65	
1	1	0	25	35	40	45	50	55	60	65	70	
0	0	1	30	40	45	50	55	60	65	70	75	
1	0	1	35	45	50	55	60	65	70	75	80	
0	1	1	40	50	55	60	65	70	75	80	85	
1	1	1	45	55	60	65	70	75	80	85	90	
I_{11}	I_{12}	I_{13}	$I_{P_S1/2}$									

其中, I_{xx} 的状态用 0 和 1 来表示, 1 代表接地, 0 代表浮空。一行中的 I11-13 组合得到一个 $I_{P-S1/2}$ 的值, 一列中的 I21-23 组合得到一个 $I_{P-S3/4}$ 的值, 这两个组合的行与列的交点得出的数据是并联模式下的总电流。

当 $3V_F < V_{HV} < 4V_F$ 时, 对应 (t3-t4) 时间段, 进入串联模式, HV 和 HV1 间开路, S1 和 S2 截止, S2 到 HV1 间经过一内部二极管连通, S3 有电流经过, LED G1-G2-G3 发光, 如下图所示:



当 $V_{HV} > 4V_F$ 时, 对应 (t4-t5) 时间段, 进入串联模式, HV 和 HV1 间开路, S1、S2 和 S3 截止, S2 到 HV1 间经过一内部二极管连通, S4 有电流经过, LED G1-G2-G3-G4 全部发光, 如下图所示:



这两种情况下, LED 中流过的电流是:

$$I_{S_S3/4} = I_{P_S3/4} + I_{31} \text{ (if } I_{31} = \text{GND)} + I_{32} \text{ (if } I_{32} = \text{GND)} + I_{33} \text{ (if } I_{33} = \text{GND)}$$

请注意此模式下的基础电流是并联模式下计算得到的 S3/4 的电流 $I_{P-S3/4}$, I31-33 这几个端子的作用是在接地时分别再将总电流增加 5mA、10mA 和 20mA。由此公式得到的电流计算表是这样的:

				0	1	0	1	0	1	0	1	I21
				0	0	1	1	0	0	1	1	I22
				0	0	0	0	1	1	1	1	I23
				10	15	20	25	30	35	40	45	I _{P-S3/4}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	串联模式 总电流 I _{S-S3/4}
1	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
0	1	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
1	1	0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
0	0	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
1	0	1	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
0	1	1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
1	1	1	35	35	35	35	35	35	35	35	35	
I31	I32	I33	I _{S-S3/4+}									

与前一个表相同，此表中加粗的数据是最后的串联模式下的总电流。唯一要注意的是 I_{S-S3/4+} 这一列的数据仅仅表示由 I31-33 的组合所形成的电流增加值，此值总是和 I_{P-S3/4} 一起出现在总电流中，不能被单独测量出来。

由于正弦波的对称性，在后面的时间段的情况和前面的情况是类似的，只是电压的变化顺序不同而已，所以连接关系和电流值也按相反的顺序发生变化。

下表将上述信息统一列出来，以便于理解、使用：

VHV		时间段	工作模式	短路	截止	LED 连接关系	各端子流过的电流				总电流
起点	终点						S1	S2	S3	S4	
0	V _F	t0-t1					0	0	0	0	0
V _F	2V _F	t1-t2	P	HV-HV1		G1 G3	I _{P-S1}	0	I _{P-S3}	0	I _{P-S1} + I _{P-S3}
2V _F	3V _F	t2-t3	P	HV-HV1	S1,S3	(G1+G2) (G3+G4)	0	I _{P-S2}	0	I _{P-S4}	I _{P-S2} + I _{P-S4}
3V _F	4V _F	t3-t4	S	S2-D-HV1	S1,S2	G1+G2+G3	0	0	I _{S-S3}	0	I _{S-S3}
4V _F	4V _F	t4-t5	S	S2-D-HV1	S1,S2 ,S3	G1+G2+G3+G4	0	0	0	I _{S-S4}	I _{S-S4}
4V _F	3V _F	t5-t6	S	S2-D-HV1	S1,S2	G1+G2+G3	0	0	I _{S-S3}	0	I _{S-S3}
3V _F	2V _F	t6-t7	P	HV-HV1	S1,S3	(G1+G2) (G3+G4)	0	I _{P-S2}	0	I _{P-S4}	I _{P-S2} + I _{P-S4}
2V _F	V _F	t7-t8	P	HV-HV1		G1 G3	I _{P-S1}	0	I _{P-S3}	0	I _{P-S1} + I _{P-S3}
V _F	0	t8-t9					0	0	0	0	0

由上面的电流计算公式，我们可以看到 I_{P-S1}=I_{P-S2}，I_{P-S3}=I_{P-S4}，I_{S-S3}=I_{S-S4}，所以，我们知道输出的总电流只有三个等级，其中一个还是 0，实际有电流的时间只有两个电流等级可以选择。下面将前面的两个电流计算表整合在一起以方便读者使用，由于 I_{P-S3/4} 同时在并联模式和串联模式下起作用，使得这种形式的整合成为了可能。

RT7321 电流计算表				0	1	0	1	0	1	0	1	I21
				0	0	1	1	0	0	1	1	I22
				0	0	0	0	1	1	1	1	I23
				10	15	20	25	30	35	40	45	I _{P-S3/4}
0	0	0	10	20	25	30	35	40	45	50	55	并联模式总电流
1	0	0	15	25	30	35	40	45	50	55	60	
0	1	0	20	30	35	40	45	50	55	60	65	
1	1	0	25	35	40	45	50	55	60	65	70	
0	0	1	30	40	45	50	55	60	65	70	75	
1	0	1	35	45	50	55	60	65	70	75	80	
0	1	1	40	50	55	60	65	70	75	80	85	
1	1	1	45	55	60	65	70	75	80	85	90	
I11	I12	I13	I _{P-S1/2}									
I31	I32	I33	I _{S-S3/4+}									
0	0	0	0	10	15	20	25	30	35	40	45	串联模式总电流 I _{S-S3/4}
1	0	0	5	15	20	25	30	35	40	45	50	
0	1	0	10	20	25	30	35	40	45	50	55	
1	1	0	15	25	30	35	40	45	50	55	60	
0	0	1	20	30	35	40	45	50	55	60	65	
1	0	1	25	35	40	45	50	55	60	65	70	
0	1	1	30	40	45	50	55	60	65	70	75	
1	1	1	35	45	50	55	60	65	70	75	80	
串联电流增量												
<p>说明:</p> <ol style="list-style-type: none"> I11-I13,I21-I23,I31-I33 在表格中的数据,“1”代表该端子接地,“0”代表浮空。 固定数据: I10 = I20 = 10mA, I11 = I21 = I31 = 1 = 5mA, I12 = I22 = I32 = 1 = 10mA, I13 = I23 = I33 = 1 = 20mA。 I11-13 的组合与 I21-23 的组合构成的水平线和垂直线交叉点的数据代表并联模式下的总输出电流。 I31-33 的组合与 I21-23 的组合构成的水平线和垂直线交叉点的数据代表串联模式下的总输出电流。 电流的单位是 mA。 计算公式: $I_{P_S1/2} = I10 + I11 \text{ (if } I11 = \text{GND)} + I12 \text{ (if } I12 = \text{GND)} + I13 \text{ (if } I13 = \text{GND)}$ $I_{P_S3/4} = I20 + I21 \text{ (if } I21 = \text{GND)} + I22 \text{ (if } I22 = \text{GND)} + I23 \text{ (if } I23 = \text{GND)}$ $I_{S_S3/4} = I_{P_S3/4} + I31 \text{ (if } I31 = \text{GND)} + I32 \text{ (if } I32 = \text{GND)} + I33 \text{ (if } I33 = \text{GND)}$ 												

五、怎样选择最佳的电流值和 V_F 值

这是一个非常难以回答的问题。由于这种线性驱动系统的变数太多，我们还没有发展出一个完整独立的工具来对各种情况下可能面临的问题进行统一的评估，所以这个问题就变得难以回答了。

一个基于时间分割算法的计算工具给我们的提示是，当电网电压为 220V 时，比较合适的单串 LED 的 V_F 值为 70V 左右是比较合适的，这种情况下的转换效率大概在 86% 左右，随着电压偏离 220V，相应的转换效率会不断下降。在任何情况下提高 V_F 值都可以提高效率，但同时也面临 LED 发光时间缩短的问题，其作用和 V_F 固定情况下降低电网电压的情形是类似的，也就是闪烁的状况更容易发生。

降低 V_F 值或是遇到比较高的电网电压是类似的情形，LED 发光时间更长，更不容易发生闪烁，但相应地效率会降低。如何设定电流呢？第一的原则当然是要考虑到 LED 的规格，所以我们可以首先确定 LED 的最大电流并把它作为串联模式下的电流值来使用，这也就是计算公式中的 $I_{S-S3/4}$ 。第二步再来确定并联模式下的总电流，以我的看法，这个值最好是比 $I_{S-S3/4}$ 的二分之一稍微大些。之所以要这样来选择，是因为要使得最后出来的电流波形尽可能接近正弦波的形状，由于并联模式在 $V_F < V_{HV} < 3V_F$ 时发生、串联模式在 $V_{HV} > 3V_F$ 时发生，所以我有这一建议。如果你不在乎功率因数表现如何，或是你所面对的环境不是正常的正弦波，你当然可以有别的选择，这一切选择权都在你自己手里。

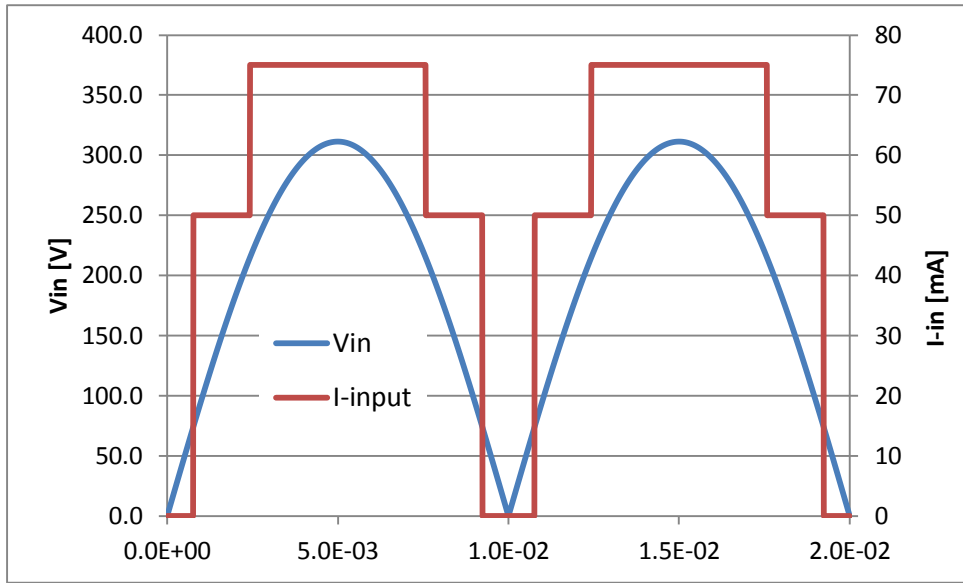
当串联模式的电流和并联模式的总电流确定以后，我们就可以在上面的计算表中的同一列里找到这两个数据，然后从数据所在列找出 I21-23 的设定方式，在两个数据所在的行方向上找到 I11-13 和 I31-33 的设定方式。请尽可能选择 $I_{P-S1/2}$ 和 $I_{P-S3/4}$ 相等的的数据，因为这样可以使得并联模式下流过两个支路的电流相等，而这样可以比较充分地利用 LED 资源。到了这里，如何配置系统的设计就完成了。

下面的表格显示的是由上面所说的计算工具得出的一组计算数据：

工作电压	220	V	输入功率	13.20	W	输出功率	11.29	W	IC 功耗	1.9	W	效率	85.60%	
V_F	70	V												
$I_{S-S3/4}$	75	mA												
I_P	50	mA												
			设定	I11	I12	I13	I21	I22	I23	I31	I32	I33		
			配置	0	0	0	0	1	1	1	1	1		
工作电压	190	V	输入功率	10.78	W	输出功率	8.69	W	IC 功耗	2.09	W	效率	80.60%	
工作电压	264	V	输入功率	16.50	W	输出功率	13.35	W	IC 功耗	3.15	W	效率	80.90%	

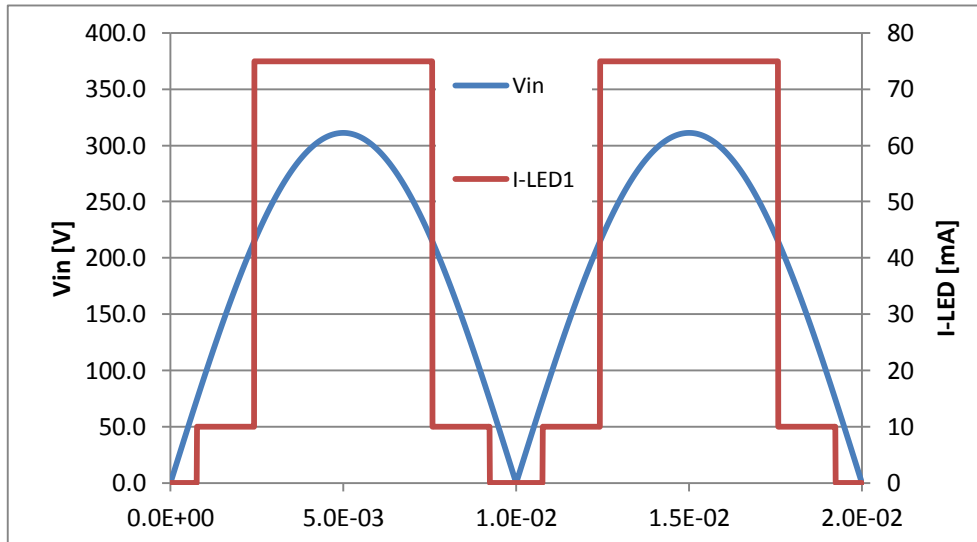
此表上半部分给出了 220V 标准电压下的数据，下半部分则给出了 190V 和 264V 极端电压下的表现状况。

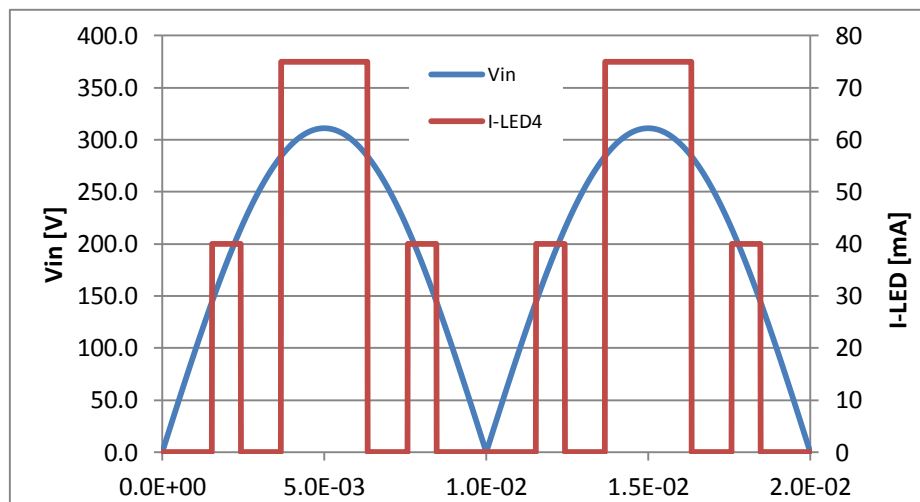
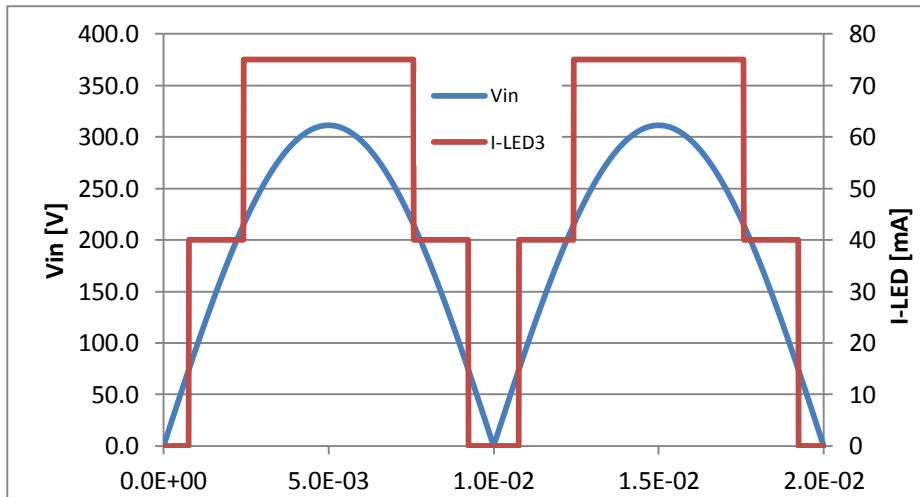
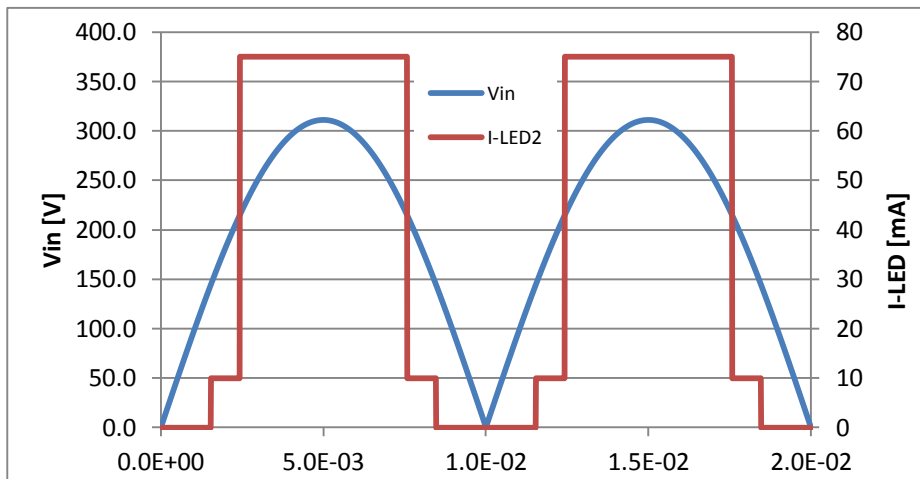
在此设定下我们得到的 220V 标准电压下一个周期的电流电压对应关系是这样的：



怎么样？它和你的预期是否一致呢？

或许你还想看到每一段 LED 里流过的电流情况，下面几幅图可以满足你的愿望。如果你发现哪里表现和你想的不一致，建议你回到本文的前头去重新嚼一嚼相关的内容，然后再来看看这里的表现，你不必感到难为情，我也是这么过来的。





六、系统设计考虑

完成了上一步以后，我们需要确定具体的 [RT7321](#) 型号。这需要考虑两个问题：工作过程中的功率损失可以用哪个封装去承担？选定的电流配置可以在哪个封装中得到满足？

在 [RT7321](#) 的规格书中，我们可以看到这样的数据：

- Power Dissipation, P_D @ T_A = 25°C

SOP-8 (Exposed Pad) -----	3.44W
WQFN-20L 5x5 -----	3.54W

这说明在环境温度为 25°C 的情况下，PSOP-8 的封装可以承受 3.44W 的功耗，而 WQFN-20L 可以承受 3.54W 的功耗，如果以上一节我们的计算实例来看，最坏情况下也就是电压为 190V 和 264V 时的 IC 功耗为 2.09W 和 3.15W，这表示这两种封装都可以满足这个工作条件的要求。但这并不表示万事大吉，我们知道 LED 灯具的内部温度通常会比较高，我们假设这一温度是 60°C，这时候它们还能不能满足要求呢？

这时候我们要调出规格书中的另一组数据：

- Package Thermal Resistance (Note 2)

SOP-8 (Exposed Pad), θ _{JA} -----	29°C/W
SOP-8 (Exposed Pad), θ _{JC} -----	2°C/W
WQFN-20L 5x5, θ _{JA} -----	28.2°C/W
WQFN-20L 5x5, θ _{JC} -----	7.1°C/W
- Junction Temperature ----- 150°C

这是每种封装的热阻数据和 [RT7321](#) 能够承受的最高结温。它们和封装能够承受的功耗、环境温度之间有如下关系：

$$PD_{max} = (T_{J(max)} - T_A) / \theta_{JA}$$

据此公式，我们可以计算出两种封装在 60°C 时的可承受功率是 3.1W (PSOP-8) 和 3.19W (WQFN-20L)。哦!谢天谢地!我们可以看到 3.19W 这个数据恰好大于前面的 3.15W，这说明我们只能选用 WQFN-20L 这个封装。我这个计算过程没有进行过任何预先的编排，我也并不打算去改变任何东西重新来过，请接受这一天意的安排继续往前走。

根据上面的计算结果，我们要选择的 [RT7321](#) 完整型号是 RT7321GQW。如果你的计算结果可以选择 PSOP-8 封装，则可选的型号是 RT7321XYGSP，其中的 X 代表并联模式下两个并联支路的电流大小，Y 代表串联模式下的电流大小，其对应关系在规格书中定义如下：

RT7321 Version Table

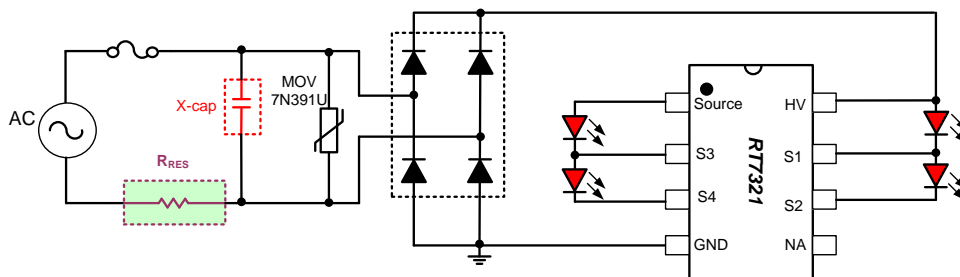
RT7321XYGSP			
Parallel Current ($I_{P_S1/2}$ and $I_{P_S3/4}$)	Code (X)	Series Current ($I_{S_S3/4}$)	Code (Y)
10mA	A	10mA	A
15mA	B	15mA	B
20mA	C	20mA	C
25mA	D	25mA	D
30mA	E	30mA	E
		35mA	F
		40mA	G
		45mA	H
		50mA	I

很显然，PSOP-8 封装的 [RT7321](#) 选择了并联模式下两个电路支路电流相等的选项，这要比我前面的计算实例合理得多，请读者在使用时尽量选择这种封装形式以避免使用 WQFN 封装中的麻烦之处。

选定封装以后的原理图设计过程应该是很简单的事情，我们略过不谈。

整流桥应该不用说了吧？作为线性驱动电路，整流二极管中流过的电流和 LED 中流过的电流是相等的，可见到的高压也就是最高电网电压有效值的 $\sqrt{2}$ 倍，线路电感通常很小，所以不需要加太多的耐压冗余量即可满足要求。

由于流过 LED 的电流波形不是正弦波，所以滤波电路还是要考虑的，目的是避免传导干扰超标。按照我们的 AE（应用工程师）的测试结果，采用下述电路，在 220V/60Hz / $I_P=I_S=40mA$ 的情况下， $R_{RES}=50\Omega$ ，X-cap=0.1mF 即可满足 EN55015 的要求。



你的具体设计会是怎样的呢？如果稍有差异，请先按相同的参数进行设计，具体测试时再略加调整，我相信是很容易通过认证的。如果将 X-cap 放到整流桥之后，应该还可以使用 MLCC 来完成设计，读者不妨一试。

七、PCB 设计

由于是线性电路，PCB 设计相对来说非常简单，只需要注意安全间距和散热特性即可。芯片底部的散热片一定要和 PCB 有良好的接触并尽可能加大其面积以降低热阻，要同时注意防止引脚焊锡所可能带来的间距缩小问题。导线铜箔部分能短则短，不要把不必要的损耗放在上面。



八、总结

[RT7321](#) 的介绍和使用问题说明到这里就要结束了，我觉得理解它的难点是在工作模式和电流的设计部分，请读者细细揣摩，一旦理解了就会发现没有什么难的。还有一个需要关注的是怎样配置 LED 电压和电流，我的建议是先根据文中所述的初步的原则定出参数，然后再实际测试一下看看效果并进行一些微调，一个相对完美的系统还是比较容易得到的。

本文是对适用于 220V/230V 工作环境的 [RT7321](#) 进行的说明，同样的原则也适用于 110V 的系统，但建议改用另一个型号——[RT7322](#) 来完成设计。其实笔者本人不喜欢 110V 的系统，要实现相同的功率输出，它要使用比 220V 系统大一倍的电流，所有的导线都要增大不少才能具有相同的电阻和损耗，当真是财大气粗啊。[RT7322](#) 也不得不对此进行适应，它的电流设定基准值被设定为 20mA，设定串联模式电流的设定端也增加了一个以便增大电流输出能力，这些可都是要花费资源来进行支撑的啊。

我的解说就到此为止了，若有更多问题需要交流，读者可以给我们发送信息或是电话联络我们，您的宝贵意见将帮助我们更好地为您服务。我们的网站上还有很多关于 LED 应用的产品资料和其他应用信息，请通过 <http://www.richtek.com/LED/> 访问我们。

相关产品

RT7321	Linear LED Driver for High-Voltage LED Lamps	 Datasheet
RT7322	Linear LED Driver for High-Voltage LED Lamps	 Datasheet

相关资源

立锜科技电子报	订阅立锜科技电子报
档案下载	PDF 下载
相关应用	LED 照明

Richtek Technology Corporation

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City
Hsinchu, Taiwan, R.O.C.
Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.