

LP5521

AN-1523 LP5521 Power Efficiency Considerations



Literature Number: ZHCA254

LP5521功率效率的考虑

美国国家半导体公司
应用注释1523
Tomi Koskela
2008年4月17日



引言

有几种使用LP5521的不同方法来改进在应用中的功率效率。恰当地使用这些方法，能在待机和正常工作时显著地节省功率。本应用注释将说明，如何使用LP5521的不同工作模式和如何编写程序时序，以获得更加节省功率的方法。

工作模式

LP5521工作模式下的电源电流列在以下表中。

符号	说明	条件	典型值	单位
I_{VDD}	待机时的电源电流	EN = 0 (pin), CHIP_EN = 0 (bit), 外部32 kHz时钟运行或未运行	0.2	μA
		EN = 1 (pin), CHIP_EN = 0 (bit), 外部32 kHz时钟未运行	1.0	μA
		EN = 1 (pin), CHIP_EN = 0 (bit), 外部32 kHz时钟运行	1.4	μA
	正常工作模式下的电源电流	禁止电荷泵和LED驱动器	0.25	mA
		电荷泵以1x方式运行, 无负载, 禁止LED驱动器	0.70	mA
		电荷泵以1.5x方式运行, 无负载, 禁止LED驱动器	1.5	mA
		电荷泵以1x可以强制运行, 无负载, 激活LED驱动器	1.2	mA
	省电模式下的电源电流	外部32 kHz时钟运行	10	μA
		内部振荡器运行	0.25	mA

正如表中所见，工作模式对电源电流的影响很大。当设定I²C寄存器内的自动电荷泵模式 (CP_MODE[1:0] = 11b) 和省电模式 (PWRSAVE_EN = 1) 控制位时，LP5521可自动地将其工作模式改变到尽可能低的功耗方式。

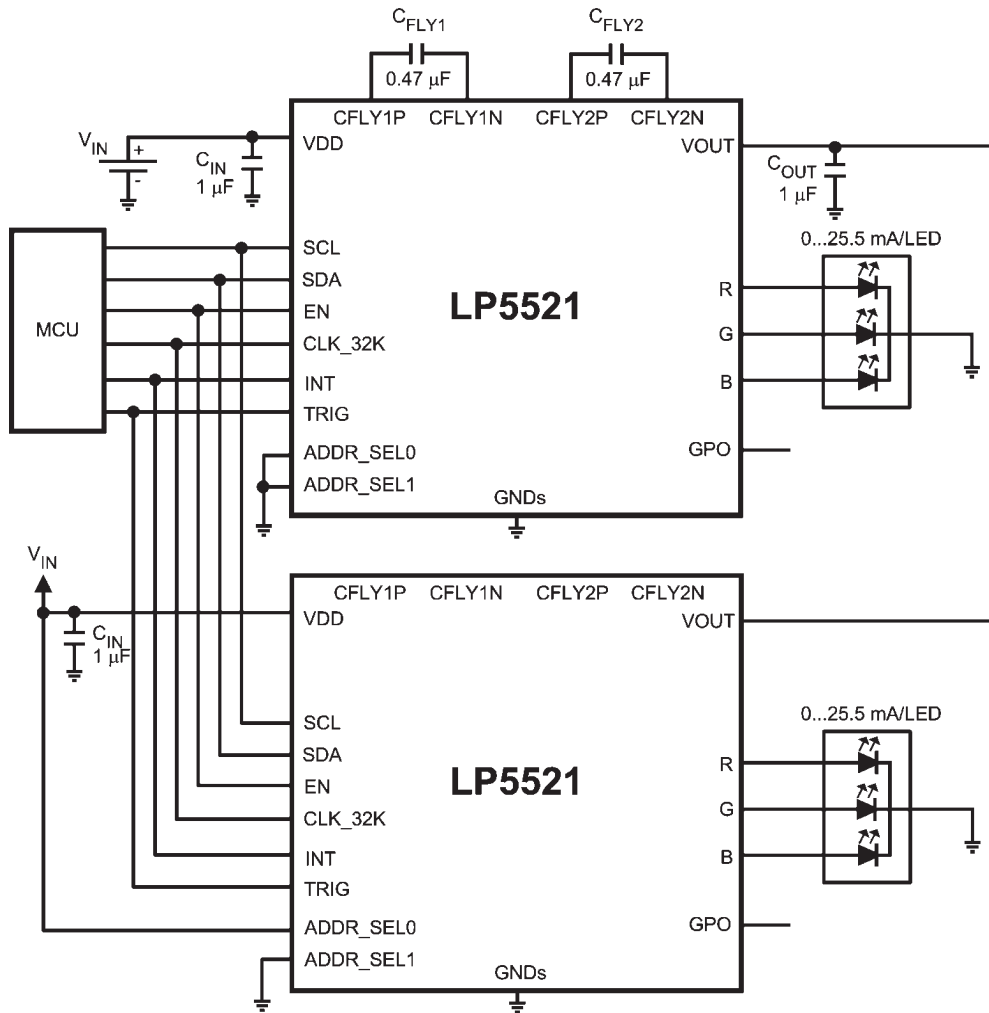
如果设置地址00H寄存器的CHIP_EN位或者EN引脚为低，将进入待机方式。这是功耗最低的方式。所有电路功能都被禁止。如果CHIP_EN位为低，EN引脚为高，则给内部逻辑电路供电，但器件仍被禁止。外部32 kHz时钟输入缓冲器会吸收一些电流，这就是为什么时钟运行时电流消耗会稍高。当CHIP_EN位和EN引脚都为高时，器件处于正常工作模式。下面的章节会逐个模块地介绍电流消耗。在本文的后面将会解释省电模式下的电流消耗。

电荷泵的控制

在08H寄存器里的两个CP_MODE位控制电荷泵。当这两位都为低时，禁止电荷泵而且输出节点被电阻性地拉低。请注意，如果R_TO_BATT位是激活的，其仍然可用R驱动器来驱动一个LED。当仅驱动一个LED时，这种方法可能更省电。

另外，当禁止电荷泵时，可以从外部给V_{OUT}供电。当V_{OUT}引脚为高时，总是激活对电荷泵反向电流的阻截。当从外部拉高V_{OUT}时，应当控制转换速度。有时需要唤醒反向电流阻截电路。当从外部对LED供电时，没有电荷泵的供电电流。如果使用外部电源，必须“禁止”电荷泵模式。

只要不超过电荷泵的最大电流，一个LP5521电荷泵可以给两个、三个、甚至四个LP5521 V_{OUT}供电。注意，当一个电荷泵用来给外部器件供电时，自动增益变化会不可靠。在某些电路组态里，自动增益变化也是可能的，但要取决于具体情况。同时也应注意，用一个电荷泵驱动连在一起的多个LP5521时，自动省电模式不必以最佳方式工作。当一个电荷泵驱动多个LP5521时，最佳的情况是所有LP5521驱动相似的LED并具有相同的时序。由此可从自动增益变化和省电模式中获益最大。下图所示为一个LP5521给两个V_{OUT}供电的组态。



20207201

图1. 一个LP5521给两个V_{OUT}供电的组态

可以强制电荷泵为旁路模式，即电池电压直接送到RGB驱动器。在1.5x方式下，输出电压被提升到4.5V。在自动方式

下，电荷泵的工作模式由电池的电压大小和LED驱动器的动态余量决定。工作模式和选择位列在下面的表格中。

组态寄存器 (08H) :		
名称	位	说明
CP_MODE	4:3	电荷泵工作模式 00b = 禁止 01b = 被强制到旁路模式 (1x) 10b = 被强制到1.5x方式 11b = 自动方式选择

不同工作模式下电荷泵典型电流消耗的测试结果显示在下面的表中。在自动方式下，电流消耗与1x方式或者1.5x方式相同。

参数	条件	典型值	单位
电荷泵供电电流	电荷泵禁止, R_TO_BATT = 0/1	0	μA
	电荷泵激活, 1x方式	470	μA
	电荷泵激活, 1.5x方式	1220	μA

LED驱动器的控制

R驱动器有两种连接方式:能将电流源连到电池 (V_{DD}) 或者连到电荷泵输出上。若电流源连到电池上，对于这种输出不能使用自动电荷泵增益控制。当低VF的红色LED连到R驱动器，以及电池电压高到足以驱动这个LED，这样可以获得较好的效率。使用I²C寄存器的位能够选择R驱动器方式。当地址为08H的寄存器的R_TO_BATT位是1时，R电流源被连到电池上。当该位是0（默认值）时，R电流源被连到电荷泵上。

如果不需要所有的LED驱动器，可以分别激活驱动器。当地址01H寄存器的R, G, B_MODE位都是00b（默认值）时，禁止LED驱动器。激活驱动器会增加电源电流。LED驱动器的典型电流消耗的测试结果如下表所示。请注意，电荷泵的状态会影响LED驱动器的电源电流。当电荷泵工作在1.5x方式时，输入电流实际上是乘以1.5。

使用05H-07H寄存器或PWM参数，可对输出电流编程，但不会对LED驱动器内部的电流消耗有明显影响。

参数	条件	典型值	单位
LED驱动器的电源电流	禁止所有驱动器	0	μA
	$I_{LED} = 0 \text{ mA}$, 激活一个驱动器, 电荷泵为1x方式	310	μA
	$I_{LED} = 0 \text{ mA}$, 激活二个驱动器, 电荷泵为1x方式	375	μA
	$I_{LED} = 0 \text{ mA}$, 激活三个驱动器, 电荷泵为1x方式	440	μA
	$I_{LED} = 0 \text{ mA}$, 激活一个驱动器, 电荷泵为1.5x方式	420	μA
	$I_{LED} = 0 \text{ mA}$, 激活二个驱动器, 电荷泵为1.5x方式	520	μA
	$I_{LED} = 0 \text{ mA}$, 激活三个驱动器, 电荷泵为1.5x方式	620	μA

系统级的分区

考虑系统级的分区可以显著节省使用LP5521的功耗。在同一系统中使用两个或更多的LP5521就可以使用这种分区。一般规则是，大多数同时工作的LED都连到一个器件上。在

一个器件正处理频繁工作的LED时，其它器件仅在需要时才被唤醒。在做分区的同时，也应考虑印刷电路板布线和软件的问题。

自动省电功能

当地址08H寄存器的PWRSAVE_EN位是1时，激活自动省电模式。若使用外部时钟，在省电模式下几乎所有的模拟功能块都被停机。只有电荷泵保护电路保持激活状态。然而如果已选择了内部时钟，在省电模式下只有电荷泵和LED驱动器被禁止。在省电模式下内部时钟与外部时钟的电流消耗的效果可参见第一页。在省电模式期间，时序引擎保持激活状态。在两种情况下，电荷泵进入‘弱1x’方式。在这种方式下，电荷泵利用了一个被动电流有限保活开关，其保持输出电压在电池电压的水平上。当某些芯片需要电荷泵电压驱动LED时，要防止电荷泵停机，这是在使用一个电荷泵驱动多个LP5521时必须考虑的问题。

在程序运行时，如果在R，G，和B输出里没有活动的PWM信号，LP5521可进入省电模式。在程序执行期间，为防止短暂的省电序列，LP5521有预测过滤指令。在每一个指令周期内分析R，G，B指令，如果在足够的时间内没有PWM信号活动，器件将进入省电模式。在省电模式下程序连续不间断地执行。当执行一个激活PWM信号的指令时，将会自动地启动快速内部启动顺序。下面的表格说明了可以触发省电模式的指令和条件。为了激活省电模式，所有通道需要满足省电条件。

LED控制器 工作模式 (R, G, B_MODE)	省电条件
00b	禁止方式，激活省电模式
01b	将程序装入静态随机存取存储器，以预防省电模式
10b	如果没有活动的PWM信号和满足预估过滤器的指令条件，运行程序方式激活省电模式
11b	如果没有活动的PWM信号，直接控制方式激活省电模式

指令	省电条件
等候 (Wait)	没有活动的PWM信号以及当前的指令等待时间超过50 ms。如果prescale = 1那么等待时间需长于80 ms (见图2和图5)
斜率 (Ramp)	Ramp指令的PWM数值达到最小值0以及当前指令执行时间剩余50 ms以上。如果prescale=1那么剩余时间需要大于80 ms (见图3)
触发 (Trigger)	在等待触发指令执行期间没有活动的PWM信号 (见图4)
结束 (End)	没有活动的PWM信号或者重置位 = 1 (见图4)
设置PWM (Set PWM)	如果设置PWM为0和下一指令产生至少50 ms的等待时间，激活省电模式
其它指令	对省电模式没有影响

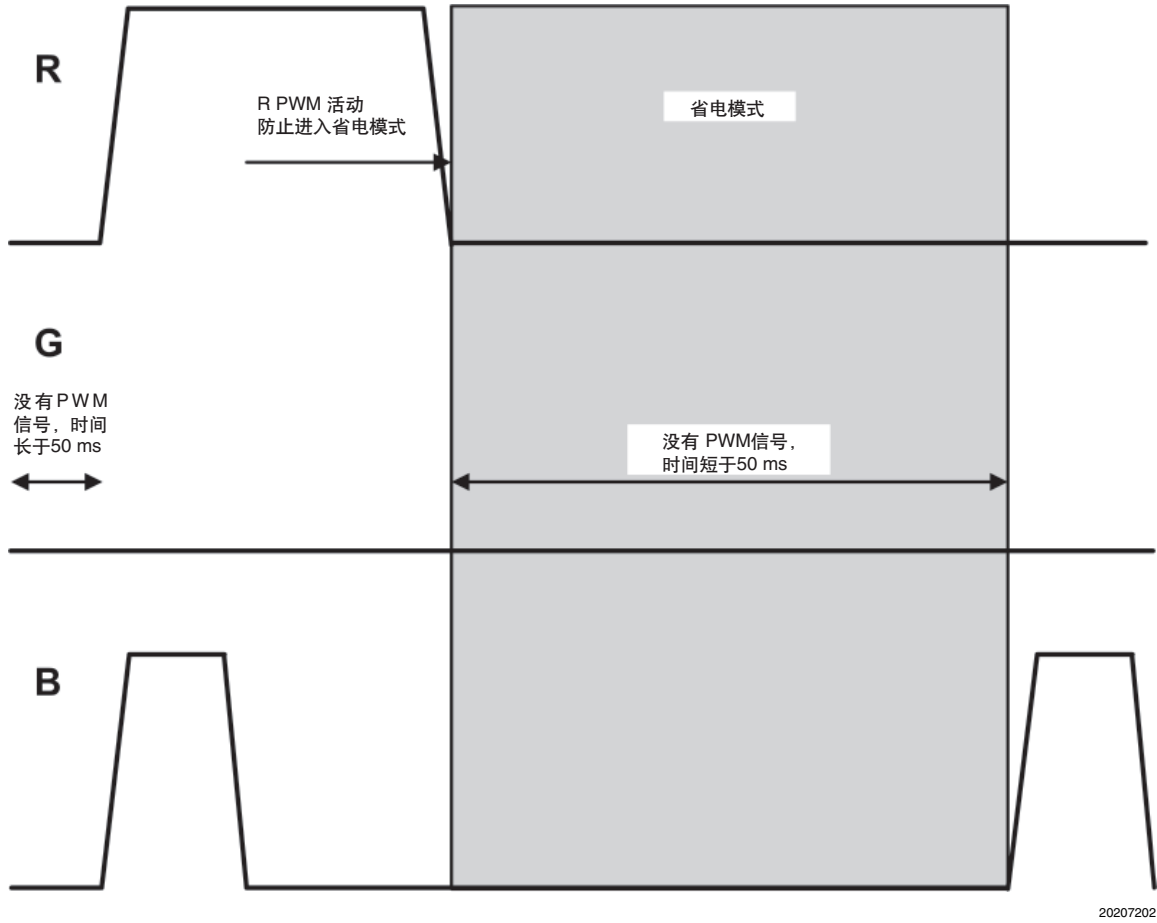


图2. 有较长不活动时间的省电序列

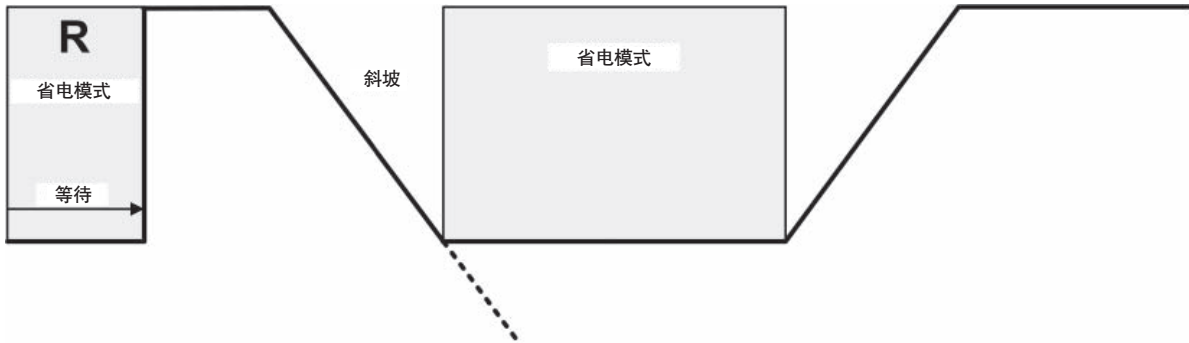
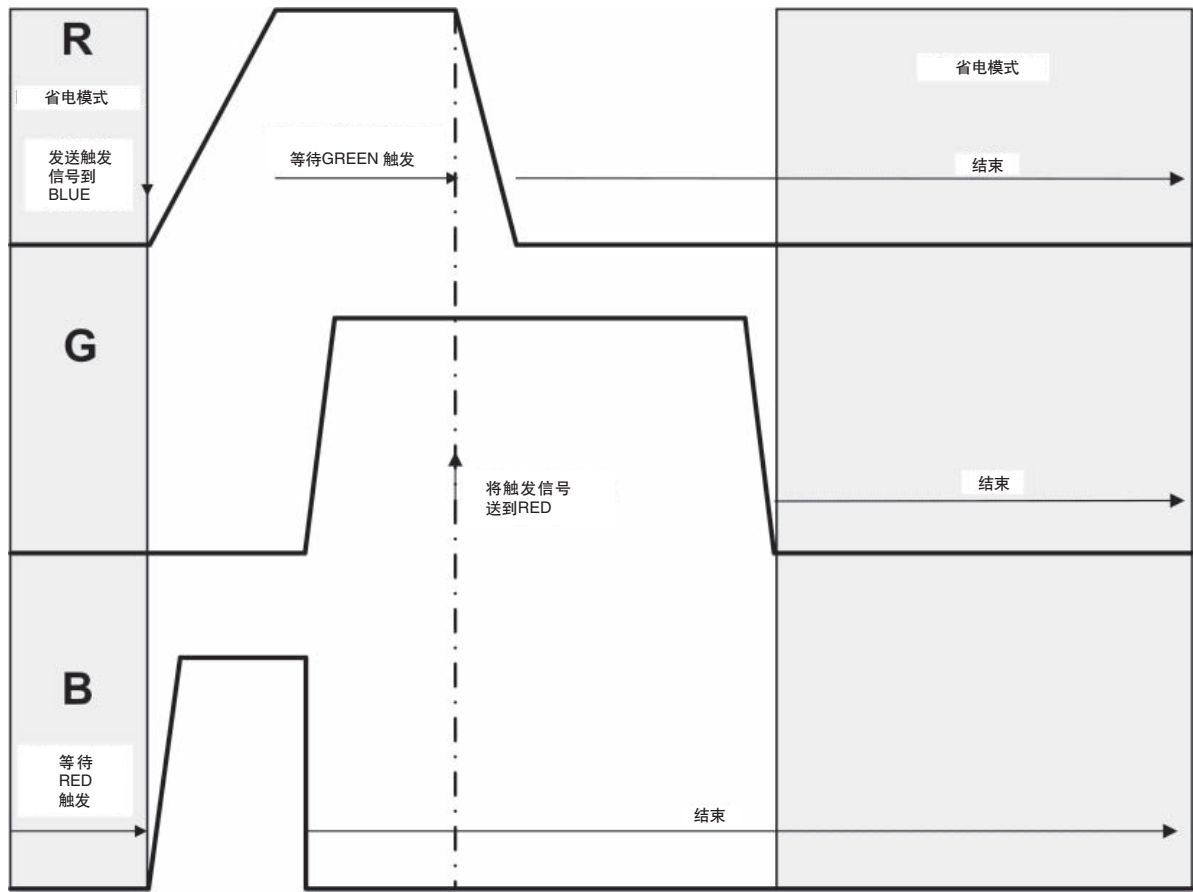
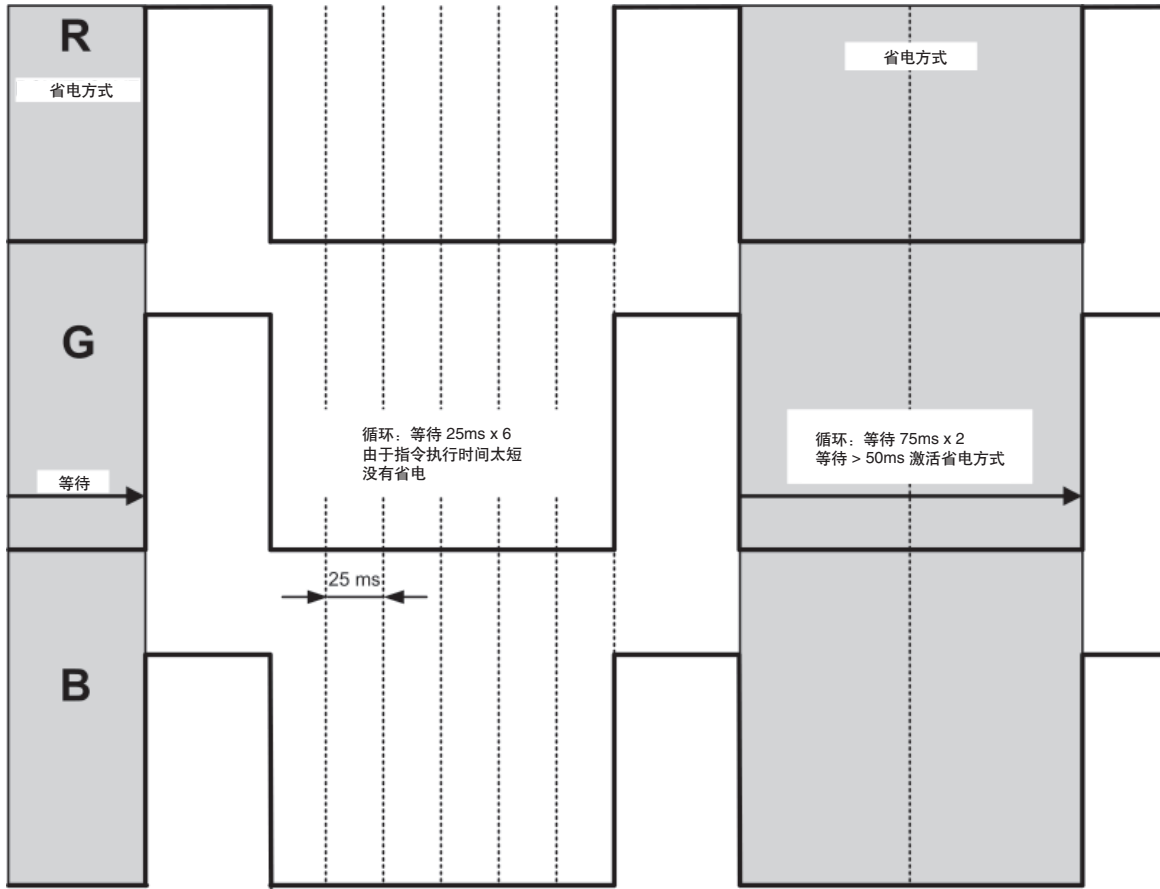


图3. 将ramp指令用作复合的斜坡/等待 (Ramp/wait) 指令的省电序列



20207204

图4. 带等待触发 (trigger) 指令的省电序列



20207205

图5. 在长和短的等待指令下的省电序列

自动省电功能的效率

省电模式的效果在很大程度上取决于程序代码。如果LED一直工作，省电模式完全不会发生。低“占空比”情况下的编程从省电模式中获益最大。

下面表格显示出，仅激活电荷泵并且LED都不工作时，省电模式下的电源电流下降到正常工作时的1%以下。

电荷泵模式	禁止省电模式时的电源电流 (mA)	省电模式下的电源电流 (mA)	电源电流减少比率 (%)
电荷泵1x方式	1.18	0.01	99.15
电荷泵1.5x方式	2.09	0.01	99.52

为了说明在程序运行期间的省电模式的有效性，下面是对应的一段程序。

例如，典型的手机指示灯可能每4秒，2秒或者1秒钟闪烁20 ms。在这个例子中，器件使用外部时钟。设PWM占空比为100%并且LED电流为5 mA。当电荷泵已被禁止时，已经使用R_TO_BATT驱动器。

表中的一列显示了没有LED电流时的平均电池电流。对于整个周期，按照等式： $I_{LED\text{AVG}} = (T_{ACTIVE}/T_{PERIOD}) \times I_{LED}$ 计算的平均LED电流的结果已经扣除了LED电流。对于4秒，2秒和1秒的周期，扣除的LED电流分别为25 μ A，50 μ A，100 μ A。在1.5x方式时，LED电流将乘以系数。输入电流约为LED电流的1.5倍。计算结果在如下的表格中。

闪烁周期	电荷泵	省电模式下的电流 (μ A)		非省电模式下的平均电流 (μ A)	节省的功率 (%)
		平均电流	没有LED时的平均电流		
4.12s	关	40	15	620	93.5
4.12s	1x	40	15	1170	96.5
4.12s	1.5x	50	15	2070	97.5
2.07s	关	60	10	640	90.5
2.07s	1x	70	20	1190	94.0
2.07s	1.5x	100	25	2100	95.0
1.05s	关	110	10	670	83.5
1.05s	1x	140	40	1230	88.5
1.05s	1.5x	200	50	2160	91.0

注释

注释

For more National Semiconductor product information and proven design tools, visit the following Web sites at:

Products		Design Support	
Amplifiers	www.national.com/amplifiers	WEBENCH	www.national.com/webench
Audio	www.national.com/audio	Analog University	www.national.com/AU
Clock Conditioners	www.national.com/timing	App Notes	www.national.com/appnotes
Data Converters	www.national.com/adc	Distributors	www.national.com/contacts
Displays	www.national.com/displays	Green Compliance	www.national.com/quality/green
Ethernet	www.national.com/ethernet	Packaging	www.national.com/packaging
Interface	www.national.com/interface	Quality and Reliability	www.national.com/quality
LVDS	www.national.com/lvds	Reference Designs	www.national.com/refdesigns
Power Management	www.national.com/power	Feedback	www.national.com/feedback
Switching Regulators	www.national.com/switchers		
LDOs	www.national.com/ldo		
LED Lighting	www.national.com/led		
PowerWise	www.national.com/powerwise		
Serial Digital Interface (SDI)	www.national.com/sdi		
Temperature Sensors	www.national.com/tempsensors		
Wireless (PLL/VCO)	www.national.com/wireless		

THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE PROVIDED IN CONNECTION WITH NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION ("NATIONAL") PRODUCTS. NATIONAL MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE CONTENTS OF THIS PUBLICATION AND RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES TO SPECIFICATIONS AND PRODUCT DESCRIPTIONS AT ANY TIME WITHOUT NOTICE. NO LICENSE, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, ARISING BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

TESTING AND OTHER QUALITY CONTROLS ARE USED TO THE EXTENT NATIONAL DEEMS NECESSARY TO SUPPORT NATIONAL'S PRODUCT WARRANTY. EXCEPT WHERE MANDATED BY GOVERNMENT REQUIREMENTS, TESTING OF ALL PARAMETERS OF EACH PRODUCT IS NOT NECESSARILY PERFORMED. NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY FOR APPLICATIONS ASSISTANCE OR BUYER PRODUCT DESIGN. BUYERS ARE RESPONSIBLE FOR THEIR PRODUCTS AND APPLICATIONS USING NATIONAL COMPONENTS. PRIOR TO USING OR DISTRIBUTING ANY PRODUCTS THAT INCLUDE NATIONAL COMPONENTS, BUYERS SHOULD PROVIDE ADEQUATE DESIGN, TESTING AND OPERATING SAFEGUARDS. EXCEPT AS PROVIDED IN NATIONAL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, AND NATIONAL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY RELATING TO THE SALE AND/OR USE OF NATIONAL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。
想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范 (CSP-9-111C2)》以及《相关禁用物质和材料规范 (CSP-9-111S2)》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。
无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor
Americas Customer
Support Center
Email: new.feedback@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Support Center
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
Fax: 81-3-5639-7507
Email: jpn.feedback@nsc.com
Tel: 81-3-5639-7560

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP 机动性处理器	www.ti.com/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity		
	德州仪器在线技术支持社区		www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司