

Application Note

时分复用 : **TPS92664-Q1、TPS92665-Q1、TPS92667-Q1****LED 矩阵管理器**

Jaron Wilson

摘要

本应用手册提供了使用德州仪器 (TI) 第三代 LED 矩阵管理器 (LMM) 系列 (TPS92664-Q1、TPS92665-Q1 和 TPS92667-Q1) 实现时分复用的全面指南。时分复用通过在 PWM 周期内依次激活 LED 子集，允许一个或多个控制 LED 串联灯串的 LMM 器件共享一个电流源。该技术既适用于多个 LMM 串联的系统，也适用于每个通道驱动多个串联 LED 的单器件系统。该技术能够在多像素汽车照明应用中实现尺寸、成本和效率的优化。本手册中详细介绍了实际硬件要求、寄存器配置、EMI 注意事项以及示例计算。

内容

1 简介	2
2 时分复用基础知识	3
3 硬件设计指南	8
4 寄存器配置过程	9
5 MTP 编程流	10
6 基于电子表格的电压分析	11
7 示例设计 1：一个电流源上有两个 TPS92664-Q1 器件	13
8 示例设计 2：单个 TPS92664-Q1，每个通道多个 LED	16
9 总结	18
10 参考资料	19

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

TPS9266x LED 矩阵管理器架构使用 16 个内部分流 FET 来连接各个旁路 LED，从而将像素级 LED 控制与恒流稳压级分开。在传统实现中，每个 LMM 控制的 LED 灯串由电流源供电。然而，由于前照灯的可用空间和预算限制，推动设计采用单个电流源驱动两个或多个串联的 LMM 控制 LED 灯串。时分复用通过在每个 PWM 周期内平均分配每个像素的导通时间来实现这一点。这最小化了 LED 灯串的瞬时正向电压 ($V_{f,\text{total}}$)，并确保不超过电流源的最大输出电压。

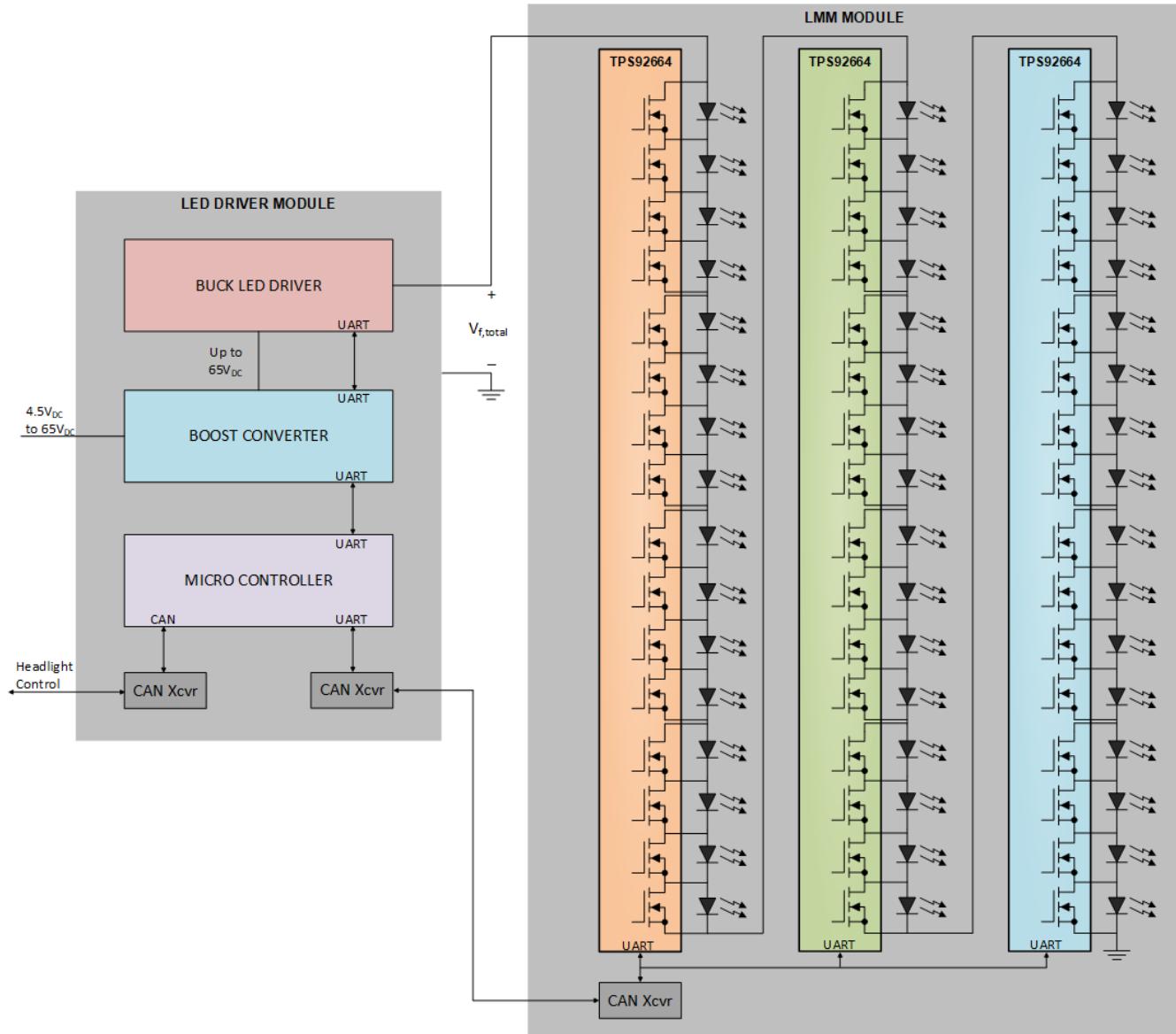


图 1-1. 三器件时分复用方框图

虽然时分复用通常是在跨多个 LMM 扩展 LED 灯串总长度的背景下引入的，但当单个 LMM 控制具有多个串联 LED 的通道时，同样的原理也适用。在这两种情况下，时分复用的目的都是降低总 LED 灯串的瞬时正向电压，使其不超过电流源的最大输出电压。

因此，该技术可作为任何 $V_{f,\text{total}} > V_{\text{max}}$ 配置的通用设计，无论过压来自多个 LMM 串联连接，还是来自单个器件上每个通道的多个 LED。

2 时分复用基础知识

所有十六个内部旁路开关都可以按编程的频率、相移和占空比进行单独的脉宽调制 (PWM)。这种分流 FET 调光拓扑提供了固有的相移功能。PWM 时钟源自应用于系统时钟的一组级联分频器 (位于 PWMTICK 寄存器中的 PTBASE 和 PTCNT)。TPS92664 的系统时钟可通过位于 MTPCFG 寄存器中的 CLKDIV2 位设置为 16MHz 或 8MHz (分别对应 1Mbps 或 500kbps UART 波特率) (该位为 0 表示 16MHz, 为 1 表示 8MHz)。虽然 CLKDIV2 位可以在 MTPCFG 寄存器中读取, 但 CLKDIV2 位只能在 MTP_MTPCFG 寄存器中写入。新器件的默认设置为 CLKDIV2 = 0, 因此首次通信必须始终以 1Mbps 波特率进行。如果需要 500kbps 通信, 必须在 MTP_MTPCFG 寄存器中设置 CLKDIV2 位, 并将其编程到同一 UART 总线上的所有器件的非易失性存储器中。TPS92665 只能设置为输出 16MHz, 但可以接收 16MHz 或 8MHz。TPS92667 是一个时钟接收器件, 没有内部振荡器。

ADDR	REGISTER	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DEFAULT
0x82	PWMTICK	PTBASE[1:0]								0001 1100

Bit	Field	Type	Reset	Description
7:6	PTBASE[1:0]	R/W	0x0	DIV1 Primary (base) CLK divider for PWM Clock
5:0	PTCNT[5:0]	R/W	0x1C	DIV2 Secondary CLK divider for PWM Clock

图 2-1. PWMTICK 寄存器和字段说明

表 2-1. 主分频器 (DIV1) 的 PTBASE 映射

PTBASE[1:0]	DIV1
0 (默认值)	$\div 1$
1	$\div 50$
2	$\div 125$
3	$\div 200$

表 2-2. 从分频器 (DIV2) 的 PTCNT 映射

PTCNT[5:0]	DIV2	PTCNT[5:0]	DIV2	PTCNT[5:0]	DIV2	PTCNT[5:0]	DIV2
0	$\div 2$	16	$\div 20$	32	$\div 36$	48	$\div 53$
1	$\div 3$	17	$\div 21$	33	$\div 37$	49	$\div 54$
2	$\div 4$	18	$\div 22$	34	$\div 38$	50	$\div 55$
3	$\div 6$	19	$\div 23$	35	$\div 39$	51	$\div 56$
4	$\div 8$	20	$\div 24$	36	$\div 40$	52	$\div 57$
5	$\div 9$	21	$\div 25$	37	$\div 41$	53	$\div 58$
6	$\div 10$	22	$\div 26$	38	$\div 42$	54	$\div 59$
7	$\div 11$	23	$\div 27$	39	$\div 43$	55	$\div 60$
8	$\div 12$	24	$\div 28$	40	$\div 44$	56	$\div 62$
9	$\div 13$	25	$\div 29$	41	$\div 45$	57	$\div 63$
10	$\div 14$	26	$\div 30$	42	$\div 46$	58	$\div 65$
11	$\div 15$	27	$\div 31$	43	$\div 47$	59	$\div 68$
12	$\div 16$	28	$\div 32$	44	$\div 49$	60	$\div 71$
13	$\div 17$	29	$\div 33$	45	$\div 50$	61	$\div 74$
14	$\div 18$	30	$\div 34$	46	$\div 51$	62	$\div 78$
15	$\div 19$	31	$\div 35$	47	$\div 52$	63	$\div 85$

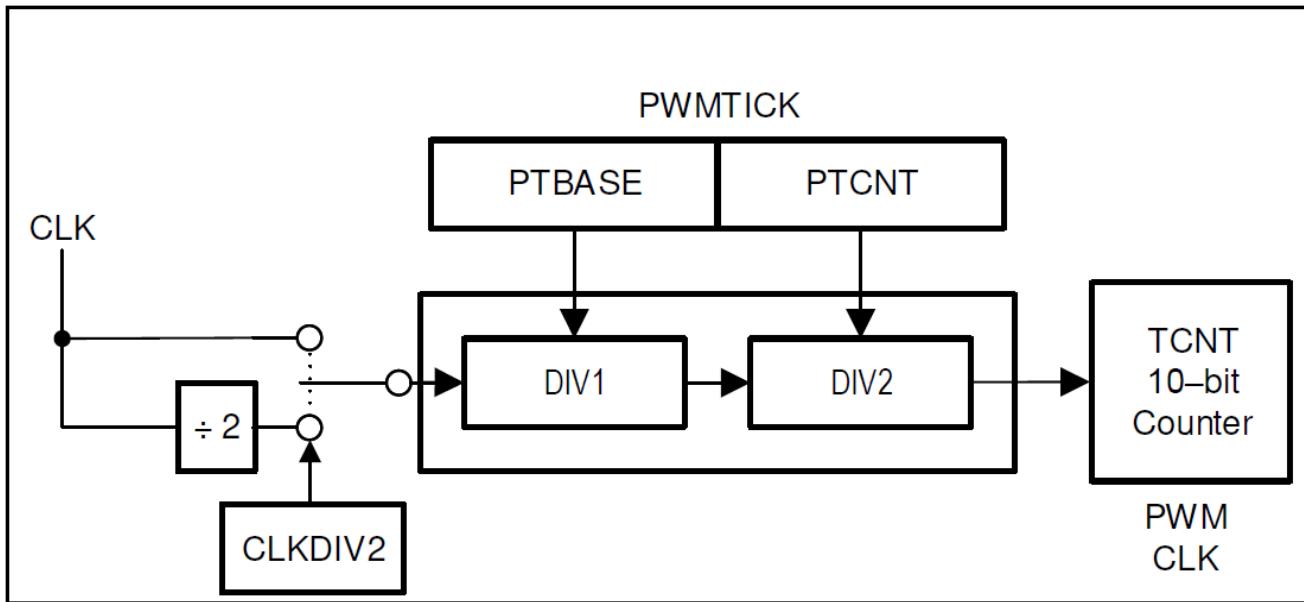


图 2-2. TPS92664 PWM 时钟

$$\text{PWM}_{\text{CLK}} = \text{CLK} \div \text{DIV1} \div \text{DIV2} \quad (1)$$

PWM CLK 计算示例 : PWMTICK[7:0] = “00011100” , CLKDIV2 = 0 (MTPCFG 寄存器的位 7 , 地址为 (0x00h))

- PTBASE[1:0] = 0 → DIV1 = 1
- PTCNT[5:0] = 28 → DIV2 = 32
- CLKDIV2 = 0 → CLK = 16MHz
- PWMCLK = CLK ÷ DIV1 ÷ DIV2 = 16MHz ÷ 1 ÷ 32 = 500kHz

PWM 时钟用于生成一个用于确定悬空开关的 PWM 调光频率的 10 位计数器 (TCNT)。在每个 PWM 时钟周期 , TCNT 从 0 开始递增 1 , 计数到 1,023 , 然后再次启动。1,024 个 TCNT 计数为一个 PWM 周期。

PWM 频率 = 500kHz ÷ 1,024 = 488Hz

WIDTH_x 寄存器控制 LED 导通时间 (开关关断时间) 的脉冲宽度 , 从而控制占空比

$$\frac{\text{WIDTH}}{1024} = \text{Duty Cycle of the LED on time} \quad (2)$$

PHASE_x 寄存器控制 LED 在 PWM 周期中何时亮起或熄灭 , 具体取决于 SYSCFG 寄存器中 PSON 位的值。相移以 PSON = 0 时的 LED 关断时间为基准。

因此 , 当 PSON = 0 时 :

当 TCNT = PHASE - WIDTH 时 , LED 导通时间开始

当 TCNT = PHASE 时 , LED 关断时间开始

当 PSON = 1 时 :

当 TCNT = PHASE 时 , LED 导通时间开始

当 TCNT = PHASE + WIDTH 时 , LED 关断时间开始

图 2-3 显示了 PWM 调光的详细示例 (PSON = 0)。这是 PWM 调光的通用示例 , 并非特定于时分复用 , 仅用于展示如何实现 WIDTH 和 PHASE。

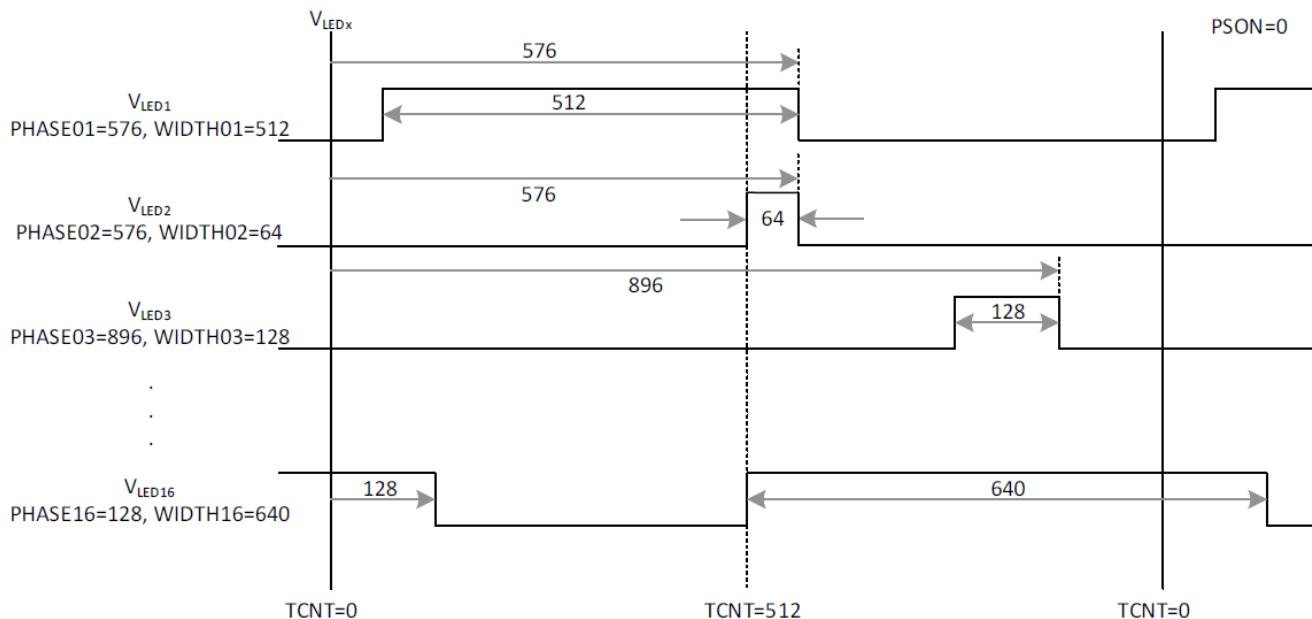


图 2-3. PSON = 0 时的 PWM 调光

时分复用通过仔细选择 **PHASE** 和 **WIDTH** 值，能驱动更长的 LED 串联灯串，同时确保输出电压保持在电流源的最大输出以下。这可以通过在整个 PWM 周期内均匀间隔每个像素的导通时间来实现。通过均匀间隔像素的导通时间，使得在任何给定时刻导通的像素数量最少，从而最小化 LED 灯串的瞬时正向电压。为了均匀间隔每个像素的导通时间，**PHASEx** 值的增量必须采用如下设置：

$$\text{PHASEx increment} = 1024 \div \text{number of pixels multiplexed} \quad (3)$$

例如，如果用户对三个 LMM 进行复用，使用每个器件上的所有 16 个开关，总共 48 个像素，那么 **PHASEx** = $1,024 / 48 \approx 21$ 。因此：

PHASE01 = 0

PHASE02 = 21

PHASE03 = 42

PHASE04 = 63

为了说明 **PHASE** 相移在管理 LED 灯串瞬时正向电压方面的重要性，可以对比两个波形图。它们都绘制了上述三 LMM LED 灯串的瞬时正向电压与相同最大输出电压的比较。但是，图 2-4 显示的波形没有任何相移（所有 **PHASEx** = 0），而图 2-5 显示了上述均等相移（增量为 21）的效果。这些波形图表明，没有相移时，LED 灯串的正向电压远超过最大输出电压；但在均匀相移下，LED 灯串的正向电压完全保持在最大输出电压范围内。

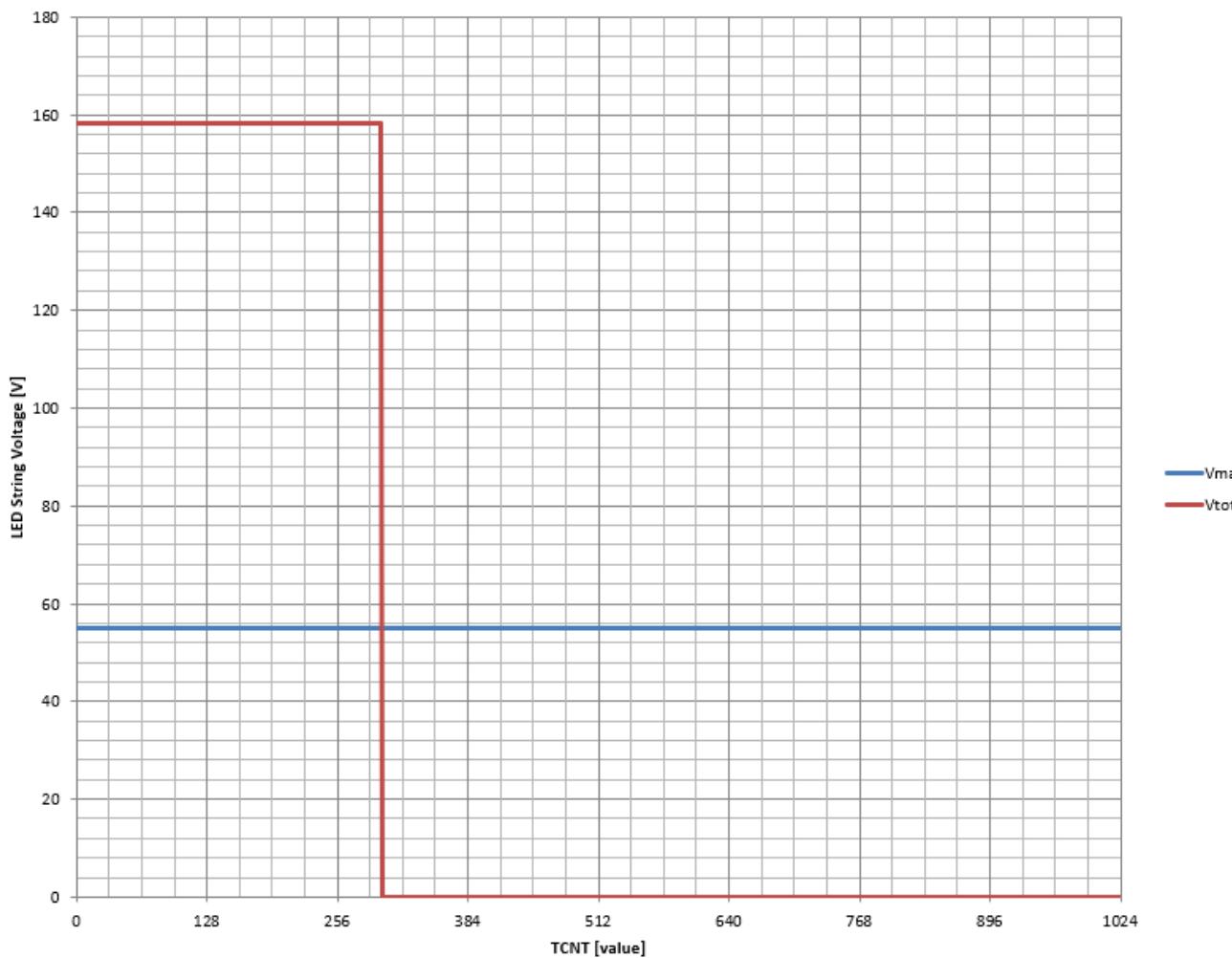


图 2-4. 无相移时的电压波形

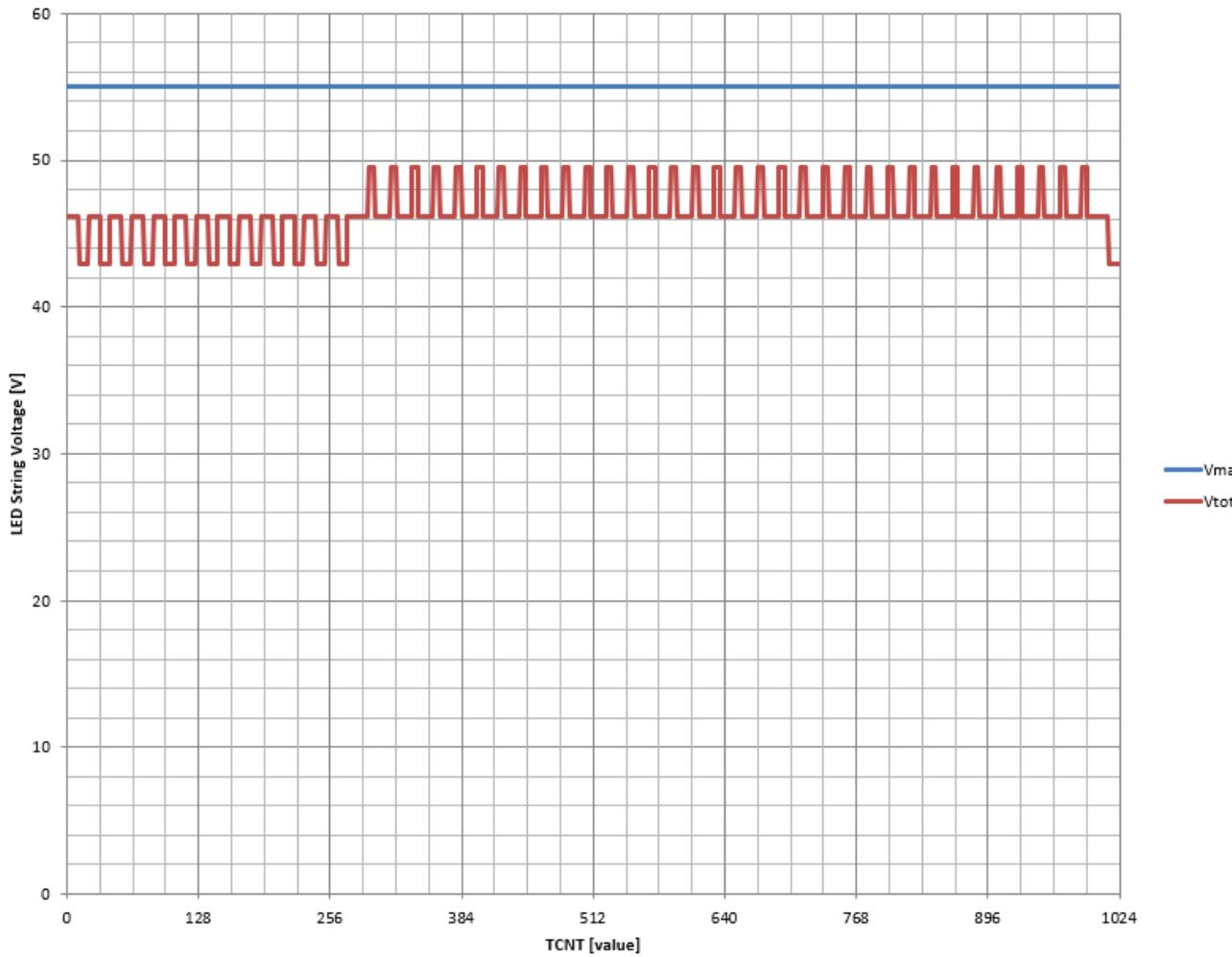


图 2-5. 具有最佳相移的电压波形

时分复用并非在所有应用中都能实现，因为必须满足一些关键要求。关键要求如下：

- 所有 LMM 共享一个公共系统时钟和 SYNC 信号，以保持 PWM 发生器同步。
- 所有器件必须编程为相同的 PWMTICK 值。
- 当使用多个 LMM 时，这些 LMM 必须位于同一块 PCB 上。
- WIDTHx 值需限制占空比，以确保不超过电流源的最大输出电压。
- 必须按比例增加通过 LED 的标称电流，以在较低的最大占空比下保持相同的亮度（LED 必须能够承受增加的电流）
- 在任何 TCNT 期间，LED 灯串的瞬时正向电压 ($V_{f, total}$) 均不得超过电流源的最大输出电压 (V_{max})。

时分复用主要用于两种场景：

- 多器件场景：扩展灯串

多个 LMM (每个 LMM 控制每个通道上的一个 LED) 串联到一个电流源上。

- 单器件场景：每个通道多个 LED

一个 LMM 在每个通道上驱动多个串联 LED，从而无需多个器件即可产生较高的总正向电压。

在这两种架构中，PHASE 和 WIDTH 设置均用于将导通窗口均匀分布在整個 PWM 周期内，以平衡系统电压、光学输出和热负载。

3 硬件设计指南

- 将复用的 LMM 放置在同一块 PCB 上，因为通过线束布线 **CLK_H/CLK_L** 信号无法通过 EMI 测试。
 - 在 **CLK**、**SYNC**、**RX** 和 **TX** 布线下方提供一个连续的接地平面，以更大限度地减少高频布线的电容耦合。
 - 在最后一个时钟接收器件上，用 100Ω 电阻器端接未使用的 LVDS 差分对（跨接在 **CLK_H/CLK_L** 上）；在时钟生成器件上，用两个 47pF 电容器将 **CLK_H/CLK_L** 连接到 GND。请参阅图 3-1。

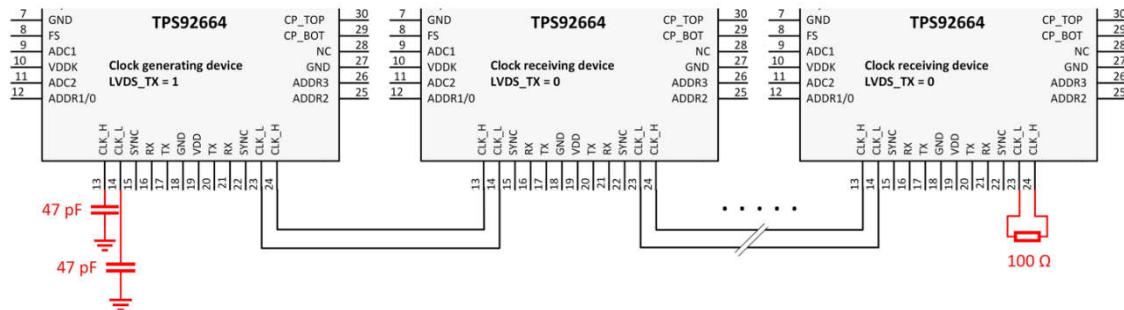


图 3-1. LVDS 端接简化示意图

4 寄存器配置过程

1. 选择系统时钟：必须设置 MTP_MTPCFG 寄存器中的 CLKDIV2 位，并将其编程到同一 UART 总线上所有器件的非易失性存储器中。将 CLKDIV2 位设置为 1 表示 8MHz (500kbps)，或设置为 0 表示 16MHz (1Mbps)。
2. 在 PWMTICK 寄存器中对 PTBASE 和 PTCNT 进行编程，以设置所需的 PWM 频率。
3. 在生成 LMM 的时钟上启用 LVDS_TX：将 OUTCTRL 寄存器中的 LVDS_TX 位设置为 1。在所有接收 LMM 的时钟上设置 LVDS_TX = 0
4. 在时钟生成器件上启用 SYNC 驱动：OUTCTRL 寄存器中的 SYNCOEN 和 SYNCPEEN 位为 1。所有时钟接收器件都会将这些位设置为 0。
5. 对于每个 LED 通道，写入 PHASEx，以便：

$$\text{PHASEx increment} = 1024 \div \text{number of pixels multiplexed} \quad (4)$$

6. 使用时分复用工作表确定每个 LED 通道的 WIDTHx 值，以确保 LED 灯串电压不超过最大输出电压（根据需要或 LED 耐受程度增加 LED 电流以维持标称光输出）
7. 如果需要，在 EEPROM 中进行编程配置（仅限 TPS92664，请参阅 MTP 编程流程）。

5 MTP 编程流

以下是从提供的示例对 TPS92664 的 EEPROM 进行编程的必要步骤：

1. 向 MTP DEVID 地址处的目标 MTP 寄存器写入数据。请注意，该地址与易失性 DEVID 地址不同，有关映射，请参阅图 5-1。在此命令中，DEVID 字节来自图 5-1 中的 MTP 列。

DEVID[3:0] Address set by ADDR _x Pins	DEVID[7:0] Byte	
	MTP	Volatile
Decimal	Hex	Hex
0	0x80	0x20
1	0xC1	0x61
2	0x42	0xE2
3	0x03	0xA3
4	0xC4	0x64
5	0x85	0x25
6	0x06	0xA6
7	0x47	0xE7
8	0x08	0xA8
9	0x49	0xE9
10	0xCA	0x6A
11	0x8B	0x2B
12	0x4C	0xEC
13	0x0D	0xAD
14	0x8E	0x2E
15	0xCF	0x6F

图 5-1. 易失性和非易失性地址映射

2. 通过 4 字节写入方式将程序代码写入易失性编程寄存器（起始地址为 MTP_PROG1）来烧录 EEPROM，数据为：CA 23 35 24。在此命令中，DEVID 字节来自上表中的易失性列。请注意，如果用户要对多个器件进行编程，此步骤必须以广播写入的形式执行，例如使用 DEVID = 0xBF。
3. 然后，如果用户对器件进行断电重启循环，相应的易失性寄存器将加载您刚编程的 MTP 寄存器中的值，作为新的默认值。

以下是此流程的一个提供了具体命令的示例，其中对器件地址 0 上的 PWMTICK 寄存器编程了值 0x1C，并将其作为默认值烧录到器件 EEPROM 中。

1. 因此，要执行单字节写入 (INIT = 0x87)，将数据 (DATA = 0x1C) 写入 MTP 器件地址 0 (DEVID = 0x80) 上的 MTP_PWMTICK 寄存器 (REGADDR = 0x07)，则带 CRC 的命令帧为：87 80 07 1C 2A A5
2. 然后，用户必须通过 4 字节写入形式将代码写入易失性编程寄存器（起始地址为 MTP_PROG1）来烧录 EEPROM，数据为：CA 23 35 24

因此，要执行 4 字节写入 (INIT = 0xAA)，将十六进制编程代码 (DATA = 0xCA 0x23 0x35 0x24) 写入易失性器件地址 (DEVID = 0x20) 上的 MTP_PROG1 寄存器 (REGADDR = 0xFB)，则带 CRC 的十六进制命令帧为：

AA 20 FB CA 23 35 24 31 E7

3. 对器件进行断电重启循环，并确认所需的值现在已载入 PWMTICK 寄存器中。

6 基于电子表格的电压分析

提供的 Excel 工具有助于直观显示 LED 灯串的总正向电压与最大输出电压的比较。时分复用工作表包含两个部分：输入和输出。在输入部分，所有应由客户编辑的单元格都位于工作表的左上角，并以黄色高亮显示。输入包括：进行复用的 LMM 数量、电流源的最大输出电压、LED 像素的最大电压、WIDTH 和 PHASE。PHASE 输入有一个自动计算选项，如果勾选，则会根据进行复用的 LMM 数量自动将 PHASE 设置为均匀间隔（假设每个器件都使用了所有 16 个开关）。自动计算公式为 $=1,024/(\text{LMM 数量} \times 16)$ ，四舍五入到最接近的整数。如果不勾选自动计算公式，客户可以直接在同一单元格中输入所需的 PHASE 值。

# of LMM	2	*number of LMMs being multiplexed								
MAX V	55	*maximum voltage output of buck converter (must be $\leq 60V$)								
VLED	3.3	*maximum voltage of LED "pixel" (pixel is defined by a single matrix switch in parallel)								
1st TPS92664 Device										
WIDTH	500		500	500	500	500	500	500	500	500
PHASE	32	auto-calculate? <input checked="" type="checkbox"/>	0	32	64	96	128	160	192	224
LEDOFF			500	532	564	596	628	660	692	724
										756

图 6-1. 时分复用工作表输入

用户必须根据应用来输入参数，电子表格会计算 LED 灯串在每一个 TCNT 0-1,023 时刻的总正向电压。相同的电子表格方法既适用于跨多个 LMM 的复用，也适用于单个 LMM 内部的通道复用。在这两种情况下，PHASE 增量和 WIDTH 选择遵循相同的规则，唯一的区别是，当一个开关上串联有多个 LED 时，LED 像素的最大电压会增加。

用户完成输入后，可以查看在 PWM 周期内绘制的两个波形。第一个是 V_{max} 波形。该波形以蓝色绘制，等于客户在 *Input* 选项卡中输入的最大输出电压。此波形在整个 PWM 周期内保持恒定，并由客户选择的电流源决定。

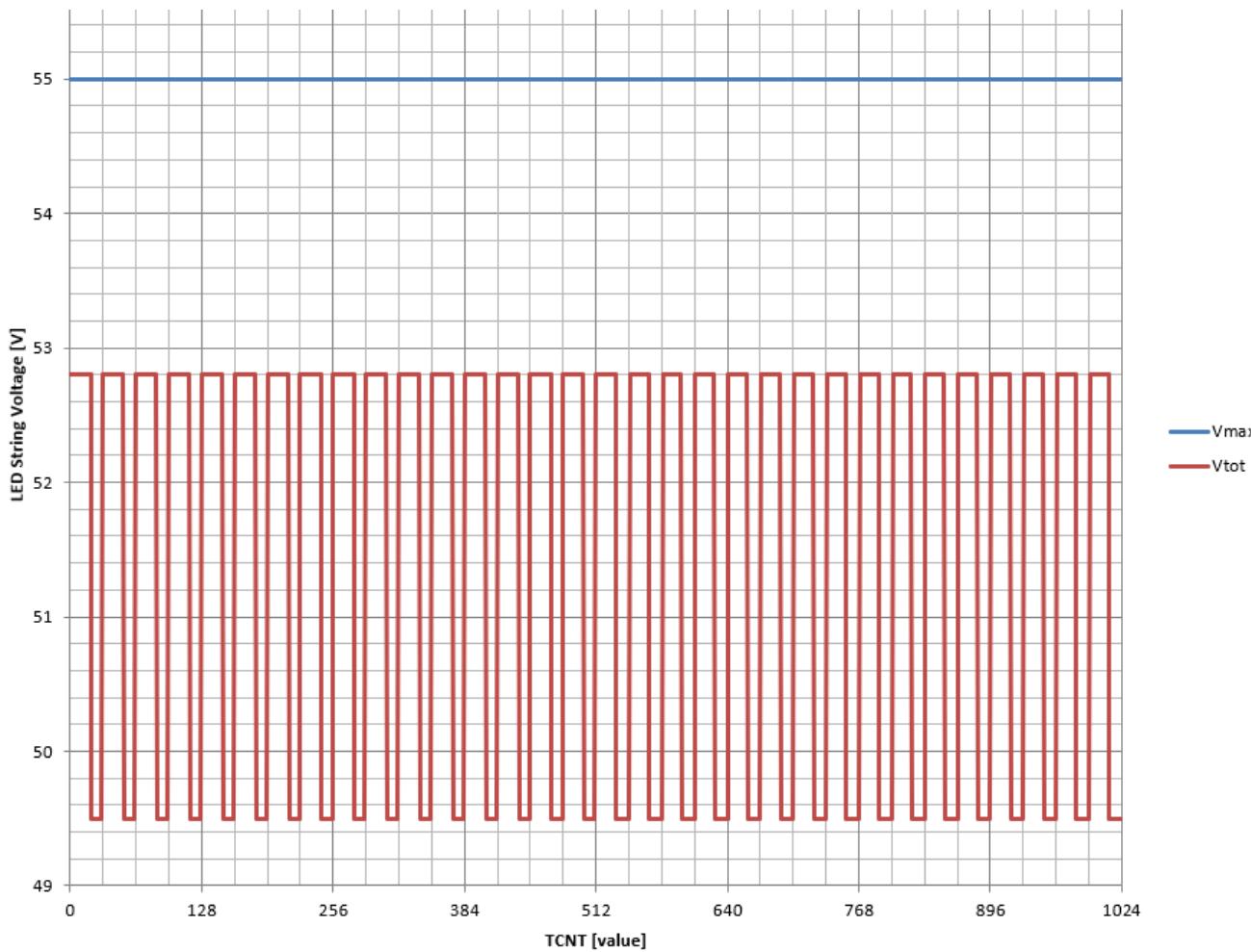


图 6-2. 时分复用工作表输出

以红色绘制的波形 $V_{f, \text{total}}$ 是 LED 灯串的总正向电压，等于“input”选项卡中的 $V_{f, \text{total}}$ 列。为了不超出电流源的最大输出电压， $V_{f, \text{total}}$ 波形在整个 PWM 周期内必须保持在 V_{max} 波形下方。此外，在 $V_{f, \text{total}}$ 和 V_{max} 之间必须留有一定的余量，以应对工艺差异、温度波动等因素。请注意，为了维持预期的标称亮度水平，需要相应增加 LED 电流。例如，如果时分复用工作表显示最大占空比为 33%，则为了获得相同的光输出，LED 电流必须增加至 3 倍。当然，所选的 LED 也必须能够承受这种电流的增加。建议客户修改输入并检查波形，以更直观地理解这些变量如何影响灯串总电压。

7 示例设计 1：一个电流源上有两个 TPS92664-Q1 器件

下方是一种典型时分复用应用的示例，其中包含 2 个 TPS92664 器件，控制一个由 32 个 LED (每个开关控制 1 个 LED) 组成的串联灯串，并由一个最大输出电压为 55V 的电流源驱动。

- 复用的 LMM 数量 = 2
- 32 个 LED，105°C 时 V_{f_max} = 3.2V
- 电流源： V_{max} = 55V

鉴于这些变量，PHASEx 值必须以 32 为步长递增，因为：

$1,024 / 32 = 32$ (PHASEx 增量 = $1,024 \div$ 复用的像素总数)

因此，选择的 PHASE 值为：

表 7-1. 示例 PHASEx 值

器件	PHASEx	值
0	PHASE01	0
0	PHASE02	32
0	PHASE03	64
0	PHASE04	96
0	PHASE05	128
0	PHASE06	160
0	PHASE07	192
0	PHASE08	224
0	PHASE09	256
0	PHASE10	288
0	PHASE11	320
0	PHASE12	352
0	PHASE13	384
0	PHASE14	416
0	PHASE15	448
0	PHASE16	480
2	PHASE01	512
2	PHASE02	544
2	PHASE03	576
2	PHASE04	608
2	PHASE05	640
2	PHASE06	672
2	PHASE07	704
2	PHASE08	736
2	PHASE09	768
2	PHASE10	800
2	PHASE11	832
2	PHASE12	864
2	PHASE13	896
2	PHASE14	928
2	PHASE15	960
2	PHASE16	992

通过电子表格工具进行仿真确认，当 WIDTH 值设置为 500 (占空比约为 48%) 时，得出的 $V_{f,total}$ 峰值为 51.2V (< 55V)，这为瞬态波动和电压变化留出了一定的余量。

示例设计 1：一个电流源上有两个 TPS92664-Q1 器件

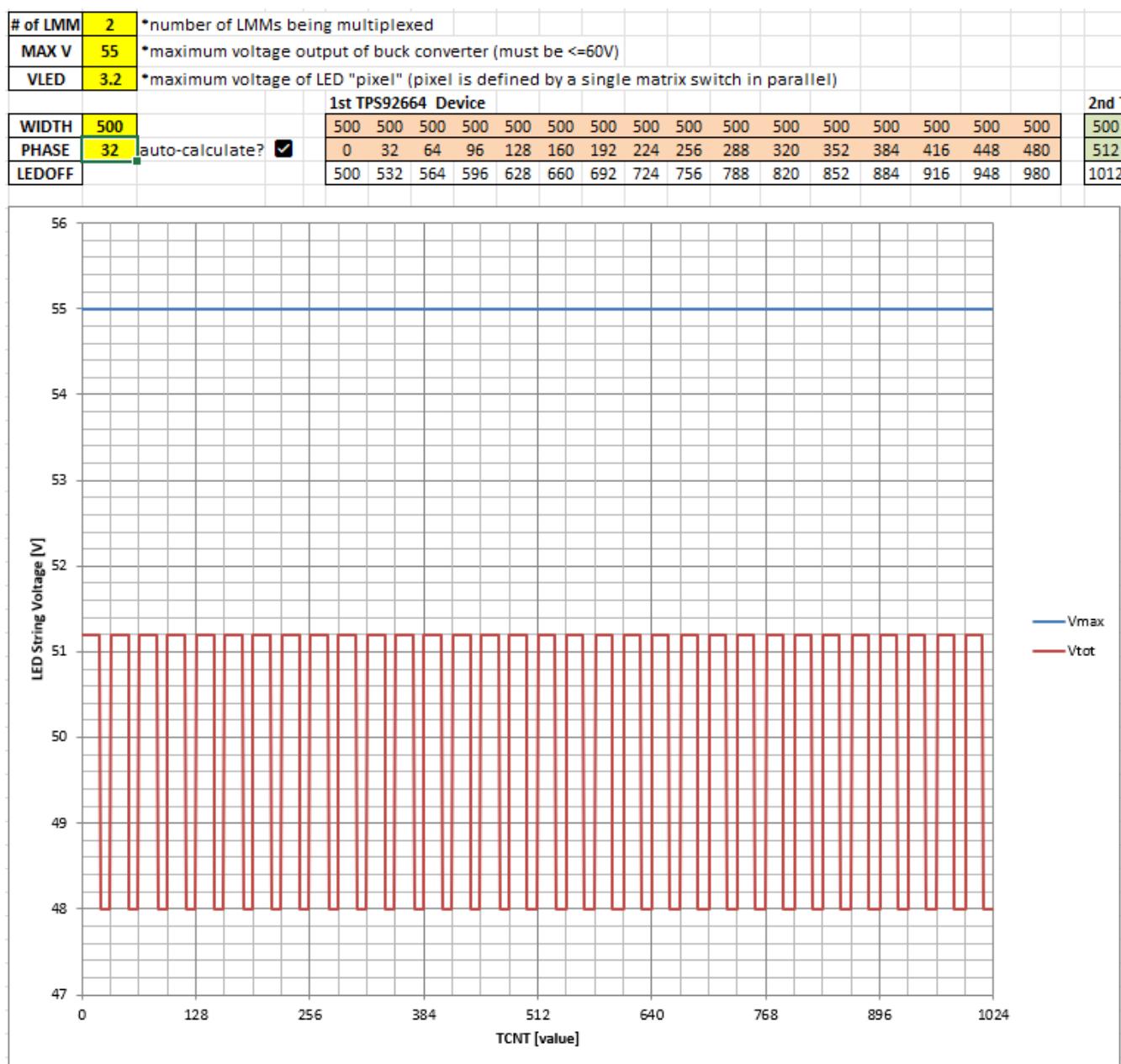


图 7-1. 示例设计 1 电子表格

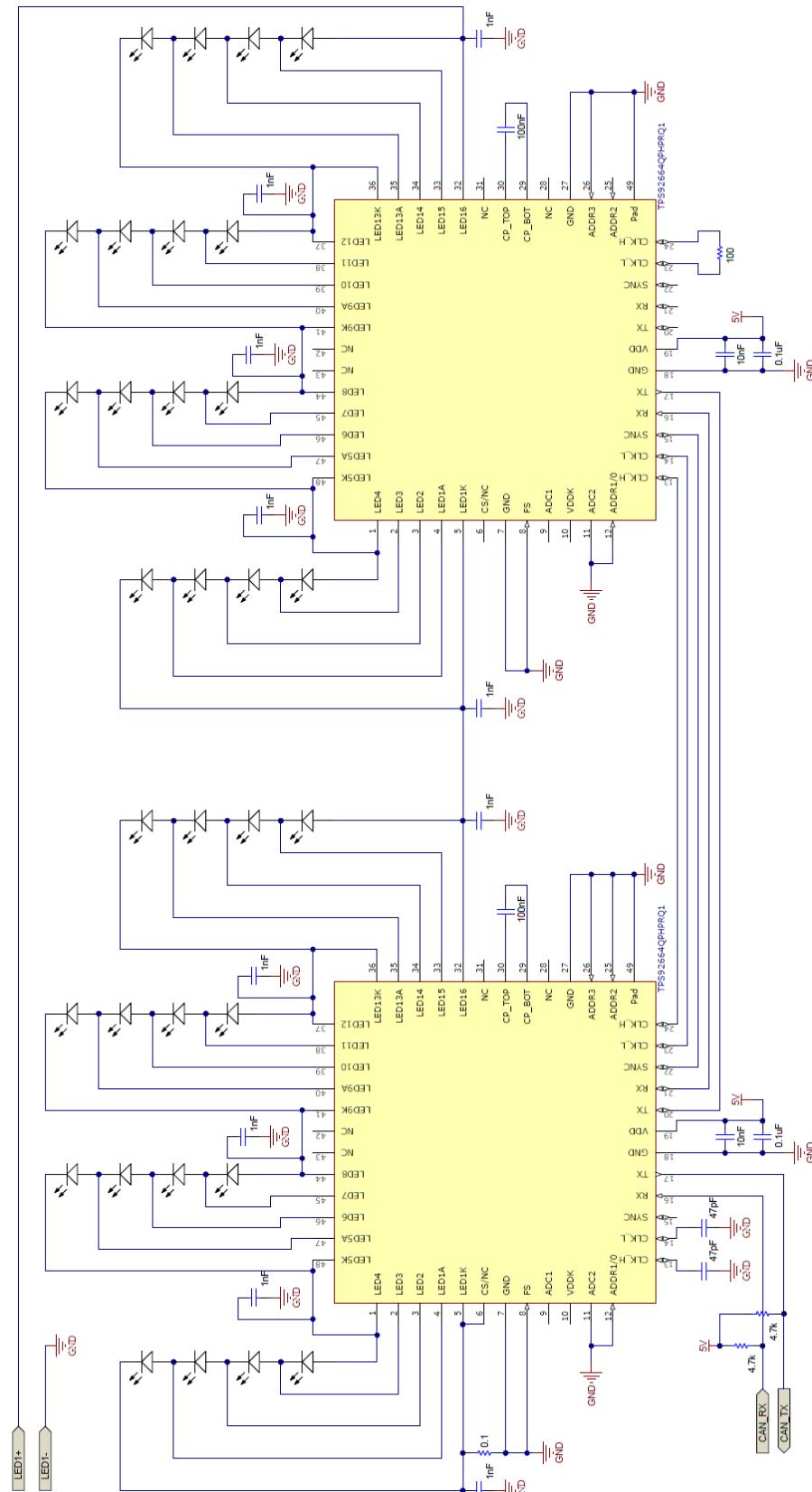


图 7-2. 使用多个器件的示例应用

在此配置中，一个 TPS92664-Q1 控制 16 个通道，每个通道驱动两个串联的 LED (每个通道 $V_f \approx 6.6V$)。所有通道同时导通时，潜在的总正向电压达到约 105.6V，这超过了电流源的 55V 承受能力。

为了将工作电压维持在 55V 以下，这 16 个通道的导通时间被均匀分布在整个 PWM 周期内。PHASE 值间隔为 64 个计数 (1,024÷16)，并选择 WIDTH 值，使每个相位的总瞬时 $V_{f,total}$ 保持在大约 50V。

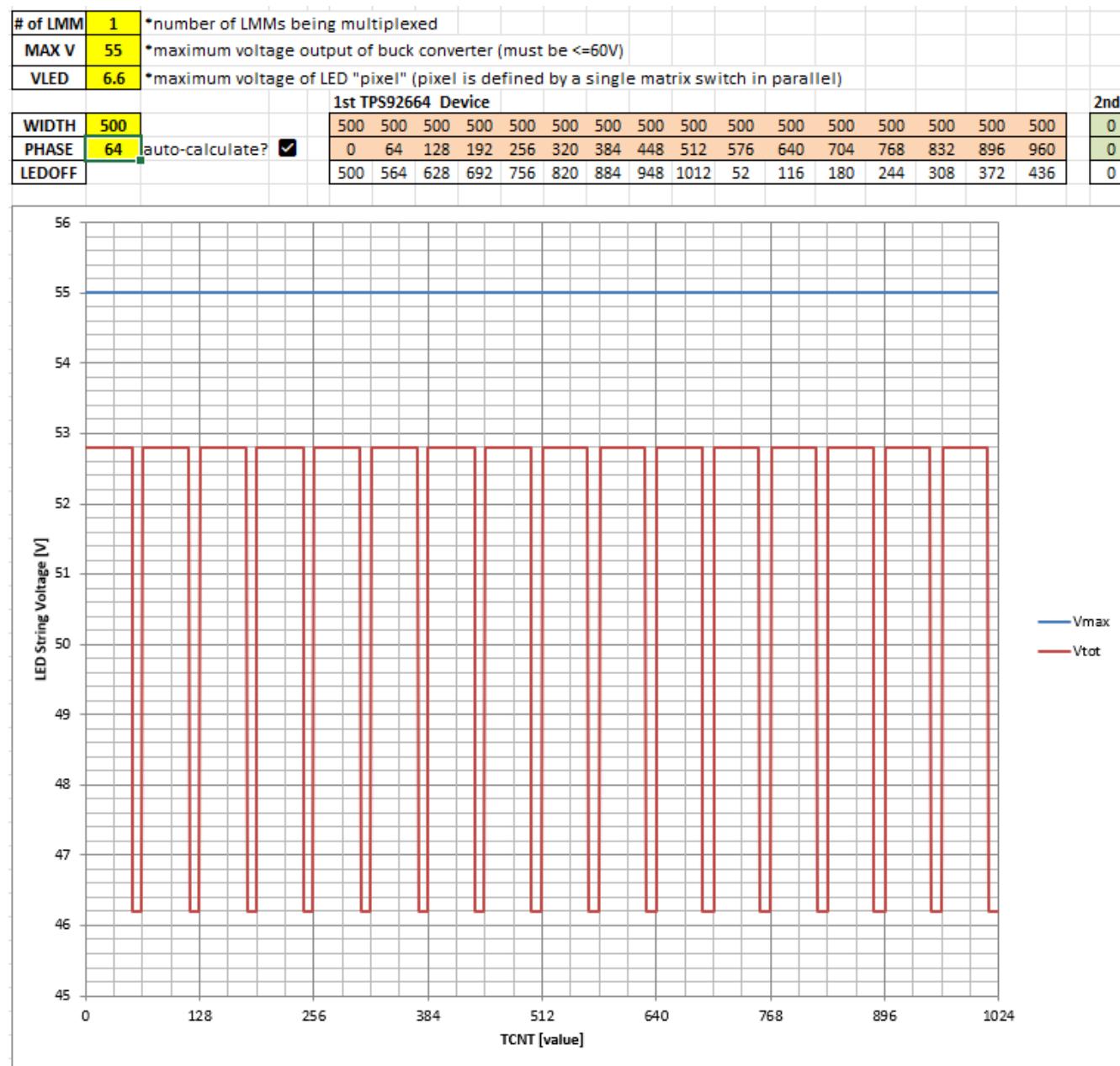


图 8-1. 示例设计 2 电子表格

此单器件示例表明，即使没有多个 LMM，仅通过将通道活动安排在交错的时隙内，时分复用也能限制瞬时电压。

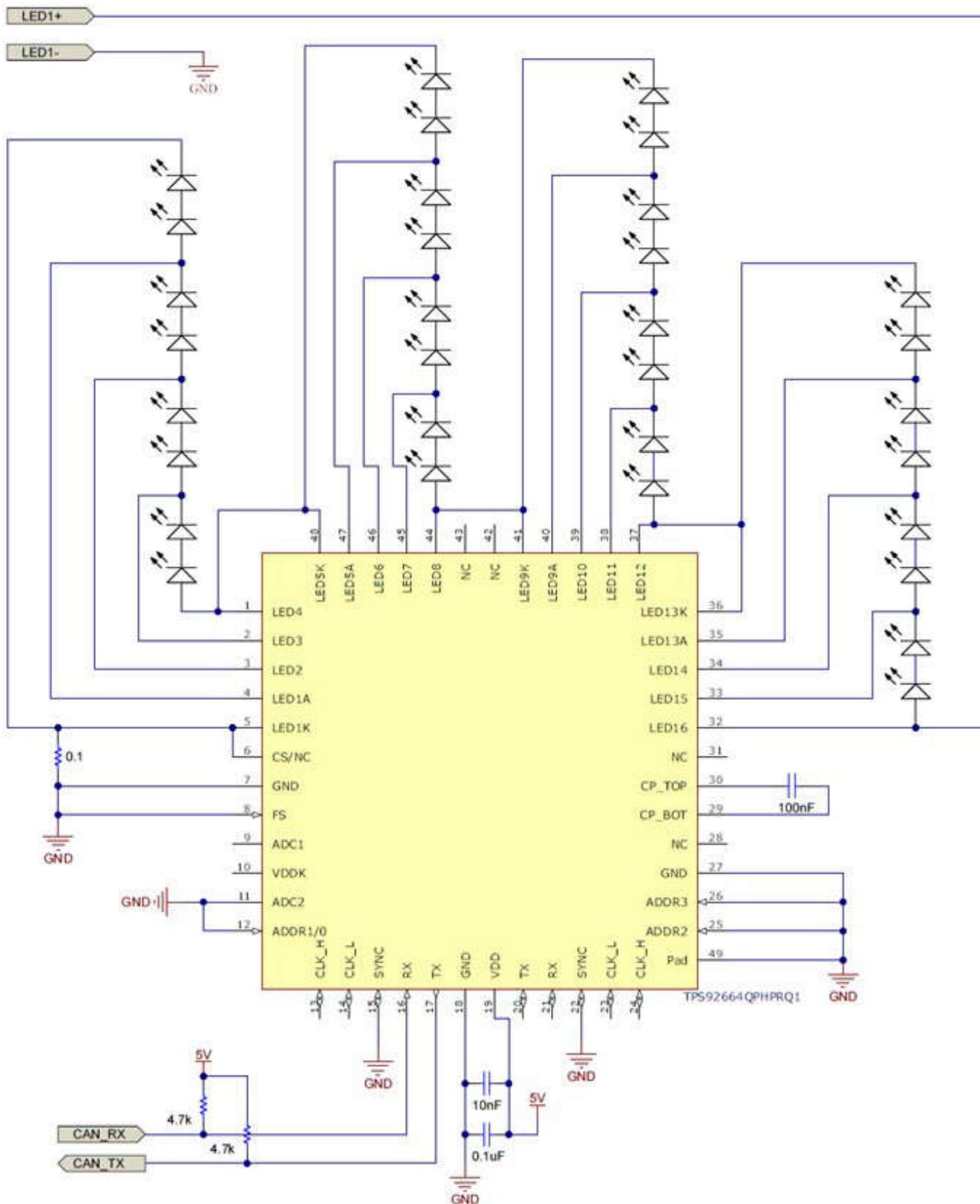


图 8-2. 使用单个器件的示例应用

9 总结

使用 TPS92664、TPS92665 和 TPS92667 进行时分复用，提供了一种实用的方法，可以在不牺牲控制能力或光质量的情况下，减少多像素照明系统中的电流稳压器数量。通过对齐器件时钟、同步 PWM 发生器以及选择 PHASE 和 WIDTH 值来均匀分布导通时间，设计人员可以将 LED 灯串电压保持在稳压器限制范围内，同时保持系统效率。提供的电子表格工具可用于快速验证整个 PWM 周期内的电压裕度，从而简化了这一过程。

时分复用不仅限于多器件 LED 灯串。当每个通道驱动多个串联 LED 时，此特性也可应用在单个 LMM 内部。在这两种架构中，目标保持不变：在优化成本和利用效率的同时，确保符合电流源电压限制。

当配合适当的 PCB 布局、LVDS 端接和 EEPROM 编程来实施时，时分复用可提供一种可重复且稳健的设计，并能轻松扩展到不同的照明架构。示例设计展示了如何直接应用这些方法，使客户能够自信地构建采用 TPS9266x 系列的紧凑、成本优化且可靠的照明设计。

10 参考资料

- 德州仪器 (TI) , [TPS92664-Q1](#) 具有高级诊断功能、集成振荡器和 EEPROM 的汽车类低噪声 16 通道 LED 矩阵管理器 , 数据表。
- 德州仪器 (TI) , [TPS92665-Q1](#) 具有高级诊断功能和集成振荡器的汽车类低噪声 16 通道 LED 矩阵管理器 , 数据表。
- 德州仪器 (TI) , [TPS92667-Q1](#) 具有高级诊断功能的汽车类低噪声 16 通道 LED 矩阵管理器 , 数据表。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月