

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 ( $V_{f,total}$ )，并确保不超过电流源的最大输出电压。

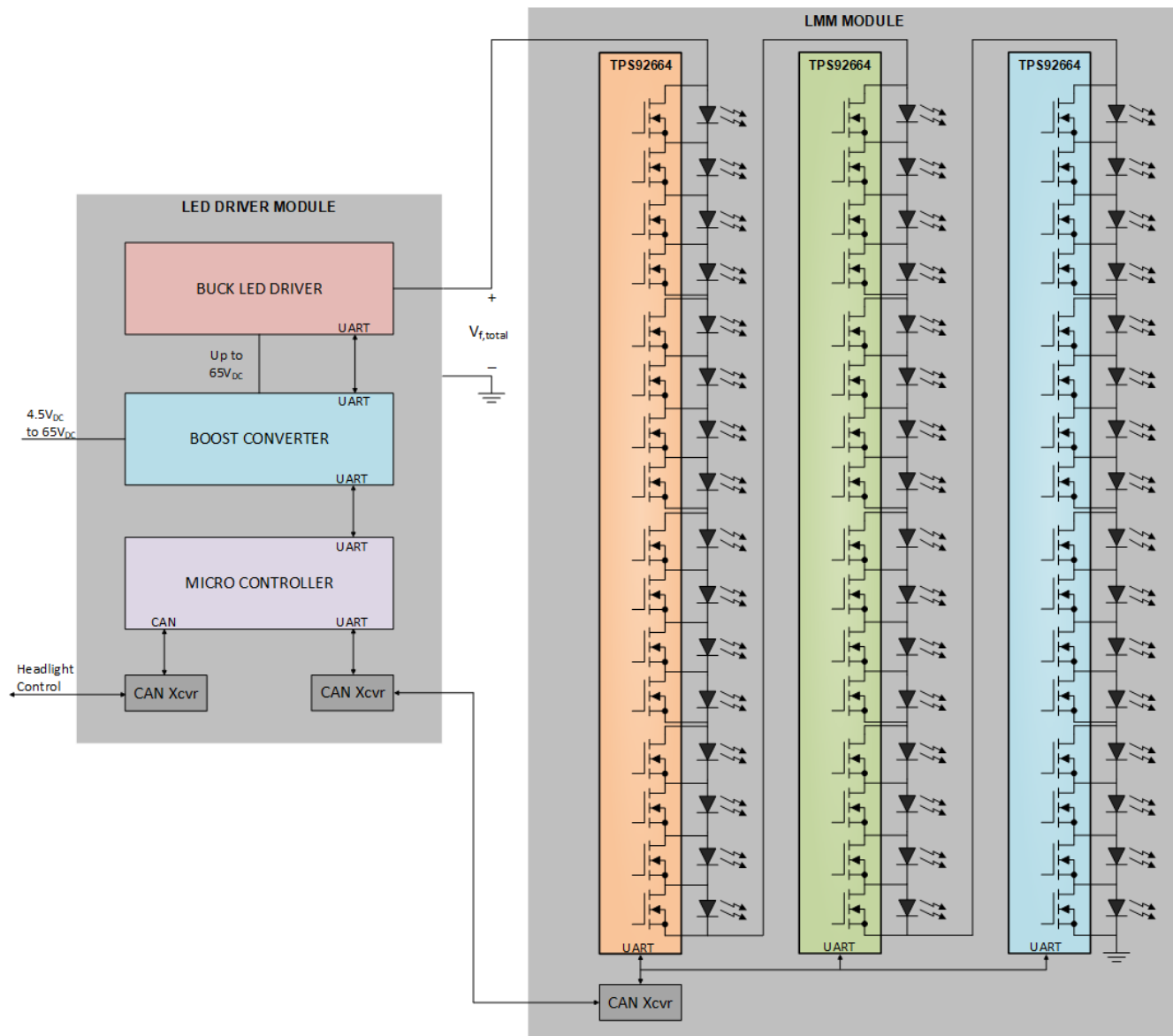


图 1-1. 三器件时分复用方框图

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  $V_{f,total} > V_{max}$  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]			PTCNT[5:0]					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)	÷ 1
1	÷ 50
2	÷ 125
3	÷ 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	+2	16	+20	32	+36	48	+53
1	+3	17	+21	33	+37	49	+54
2	+4	18	+22	34	+38	50	+55
3	+6	19	+23	35	+39	51	+56
4	+8	20	+24	36	+40	52	+57
5	+9	21	+25	37	+41	53	+58
6	+10	22	+26	38	+42	54	+59
7	+11	23	+27	39	+43	55	+60
8	+12	24	+28	40	+44	56	+62
9	+13	25	+29	41	+45	57	+63
10	+14	26	+30	42	+46	58	+65
11	+15	27	+31	43	+47	59	+68
12	+16	28	+32	44	+49	60	+71
13	+17	29	+33	45	+50	61	+74
14	+18	30	+34	46	+51	62	+78
15	+19	31	+35	47	+52	63	+85

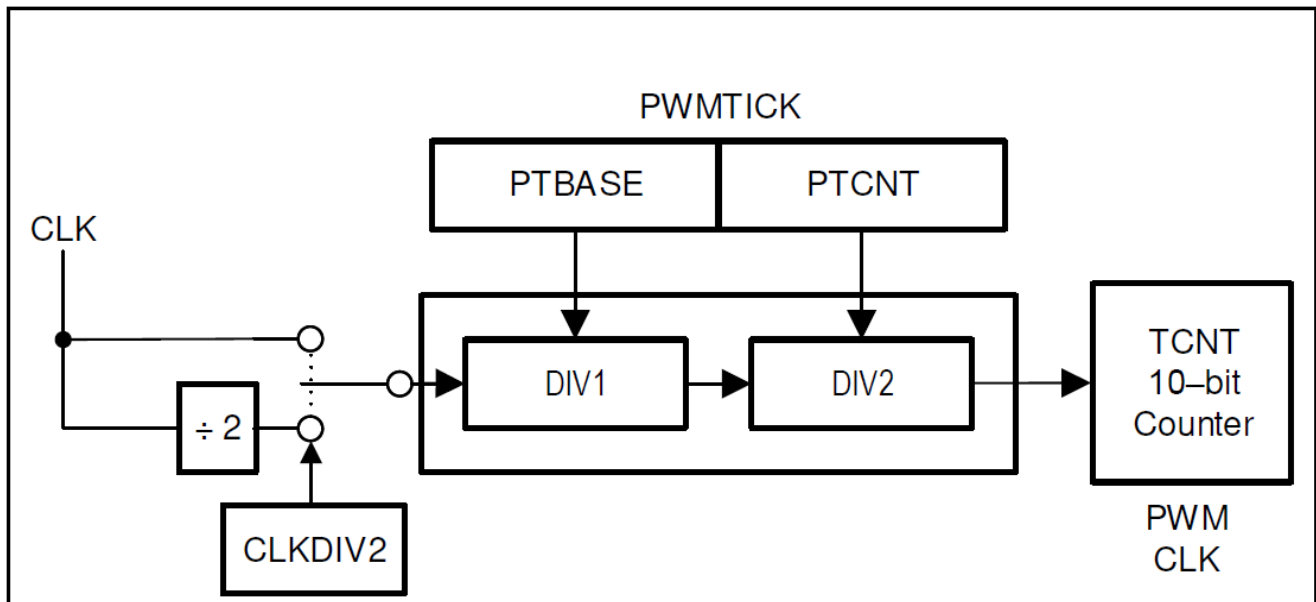


图 2-2. TPS92664 PWM 时钟

$$PWM_{CLK} = CLK \div DIV1 \div DIV2 \quad (1)$$

**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。

$$PWM \text{ 频率} = 500kHz \div 1,024 = 488Hz$$

WIDTHx 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

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

PHASEx 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 关断时间或 PSON = 1 时的 LED 导通时间为基准。

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。

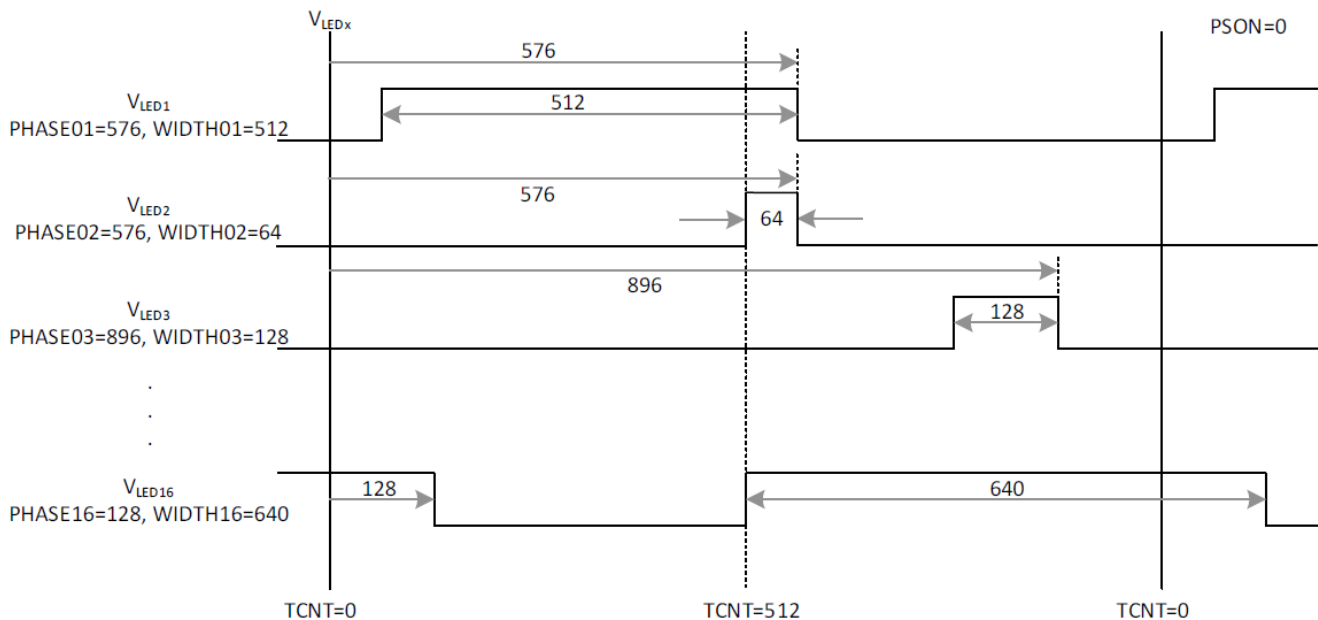


图 2-3. PSON = 0 时的 PWM 调光

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，PHASE<sub>x</sub> 值的增量必须采用如下设置：

$$\text{PHASE}_{\text{xincrement}} = 1024 \div \text{number of pixels multiplexed} \quad (3)$$

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 PHASE<sub>x</sub> = 1,024 / 48 ≈ 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 PHASE<sub>x</sub> = 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。

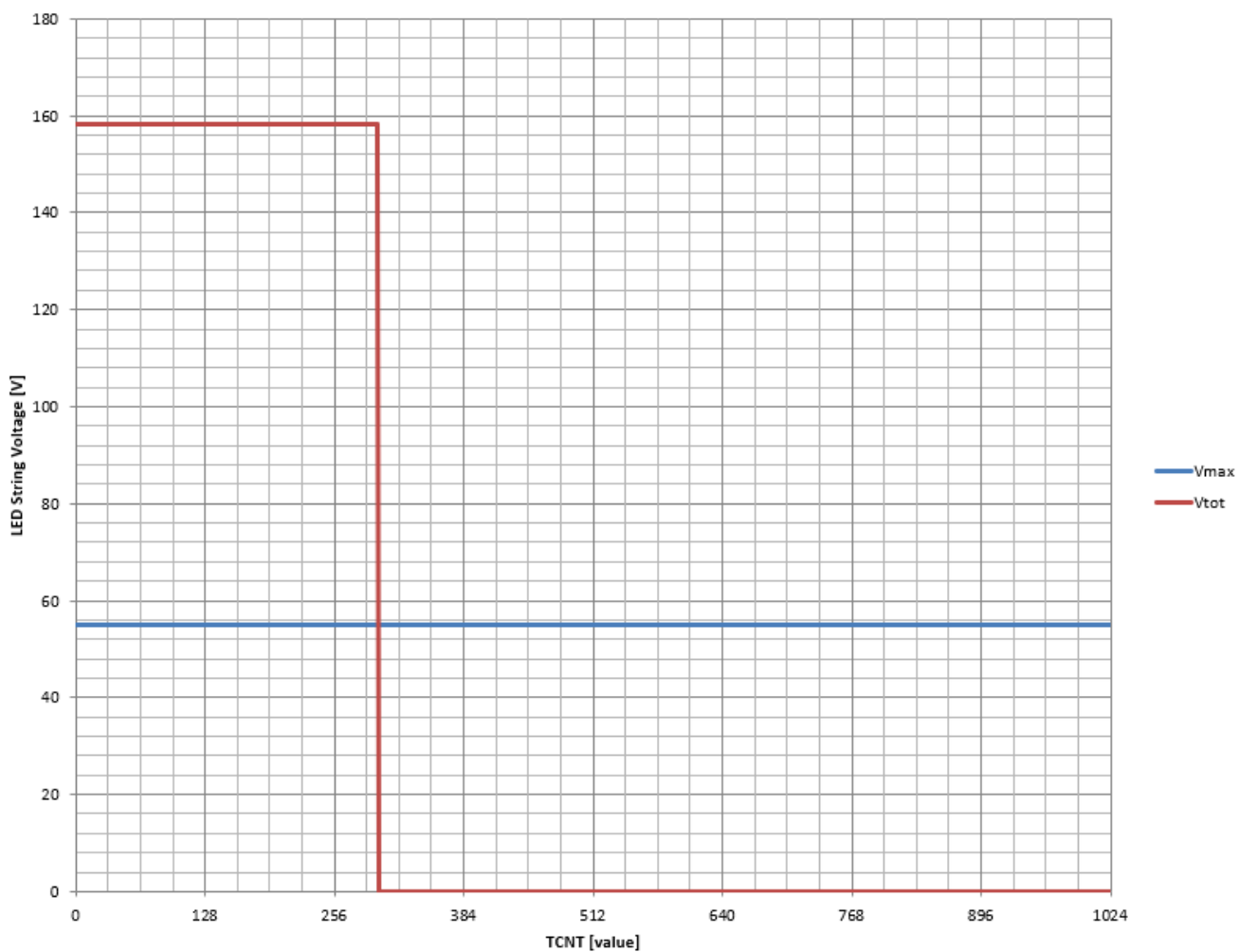


图 2-4. 无相移时的电压波形

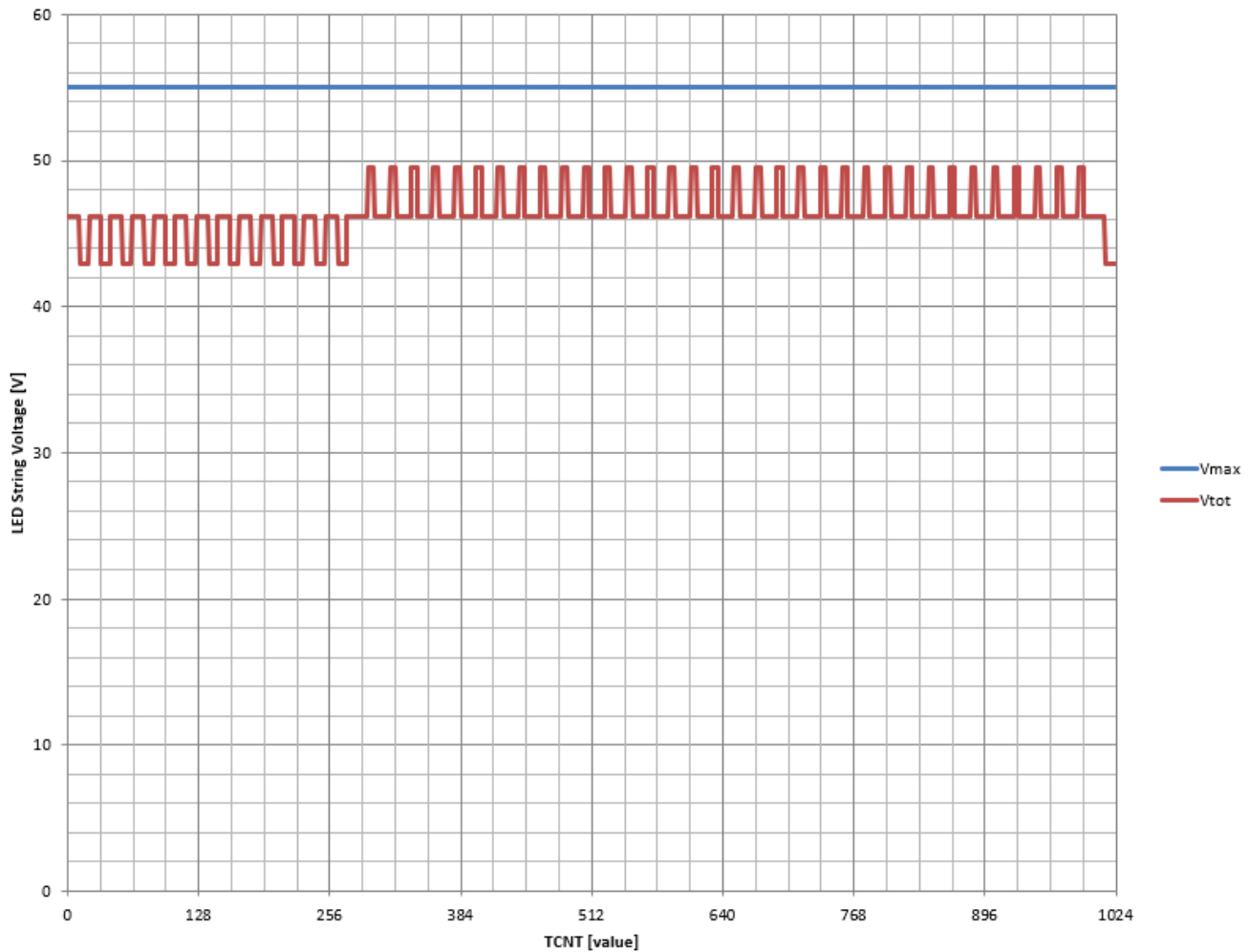


图 2-5. 具有最佳相移的电压波形

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：

1. 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。

2. 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个 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  $100\ \Omega$  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  $47\text{pF}$  电容器将 CLK\_H/CLK\_L 连接到 GND。请参阅图 3-1。

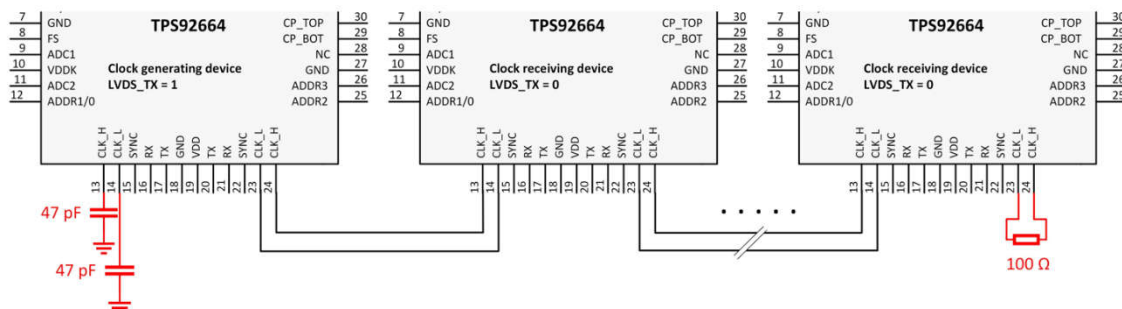


图 3-1. LVDS 端接简化示意图



## 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 SYNCPEN 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

以下是根据提供的示例对 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 <sub>x</sub> 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 <=60V)									
VLED	3.3	*maximum voltage of LED "pixel" (pixel is defined by a single matrix switch in parallel)									
1st TPS92664 Device											
WIDTH	500	500 500 500 500 500 500 500 500 500									
PHASE	32	auto-calculate?	<input checked="" type="checkbox"/>	0 32 64 96 128 160 192 224 256							
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。

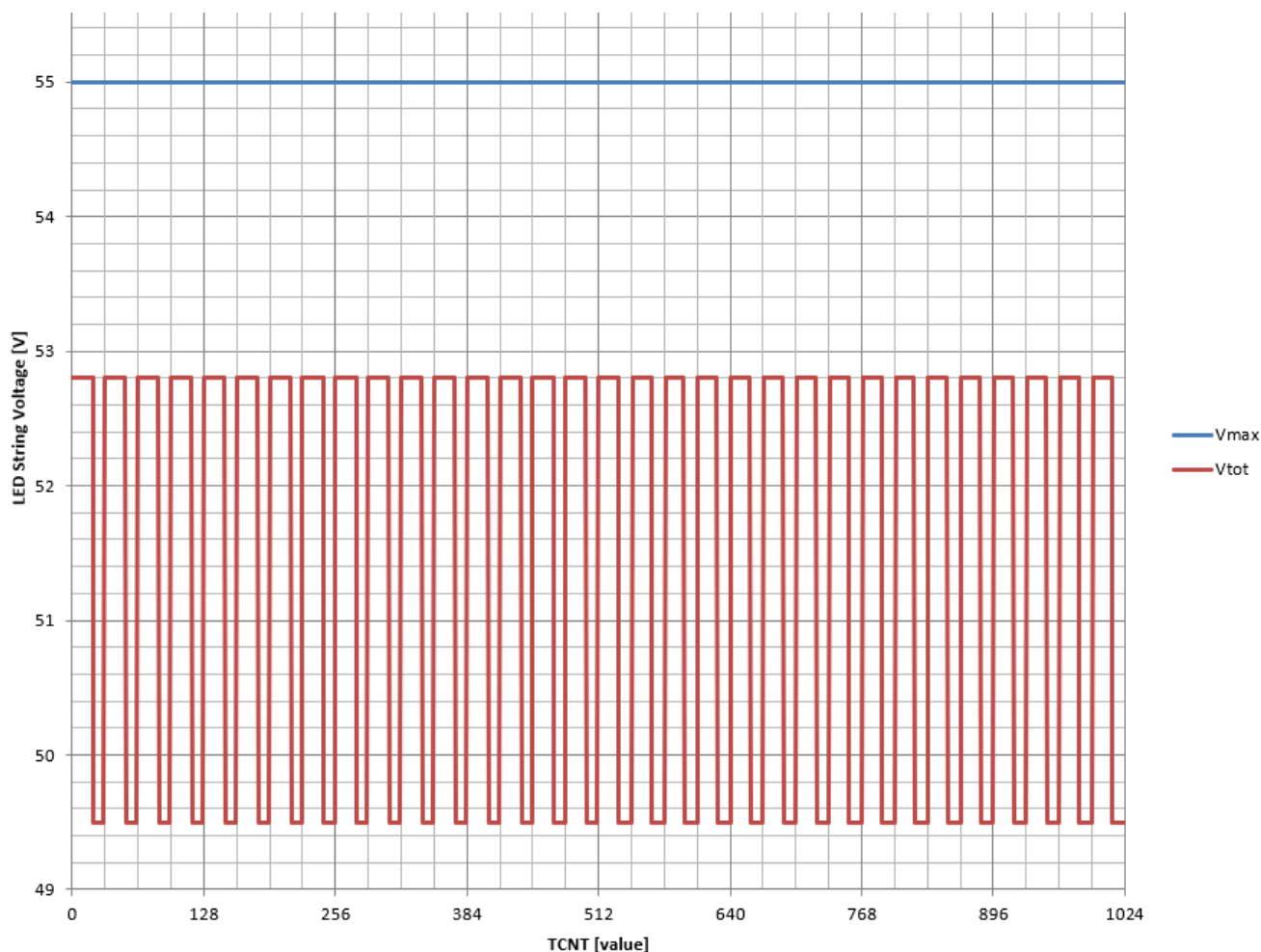


图 6-2. 时分复用工作表输出

以红色绘制的波形  $V_{f,total}$  是 LED 灯串的总正向电压，等于“input”选项卡中的  $V_{f,total}$  列。为了不超出电流源的最大输出电压， $V_{f,total}$  波形在整个 PWM 周期内必须保持在  $V_{max}$  波形下方。此外，在  $V_{f,total}$  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。

# of LMM	2	*number of LMMs being multiplexed
MAX V	55	*maximum voltage output of buck converter (must be <=60V)
VLED	3.2	*maximum voltage of LED "pixel" (pixel is defined by a single matrix switch in parallel)
		1st TPS92664 Device
WIDTH	500	500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500
PHASE	32	auto-calculate? <input checked="" type="checkbox"/> 0 32 64 96 128 160 192 224 256 288 320 352 384 416 448 480
LEDOFF		500 532 564 596 628 660 692 724 756 788 820 852 884 916 948 980
		2nd Device
WIDTH	500	500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500 500
PHASE	32	auto-calculate? <input checked="" type="checkbox"/> 0 32 64 96 128 160 192 224 256 288 320 352 384 416 448 480
LEDOFF		500 532 564 596 628 660 692 724 756 788 820 852 884 916 948 980

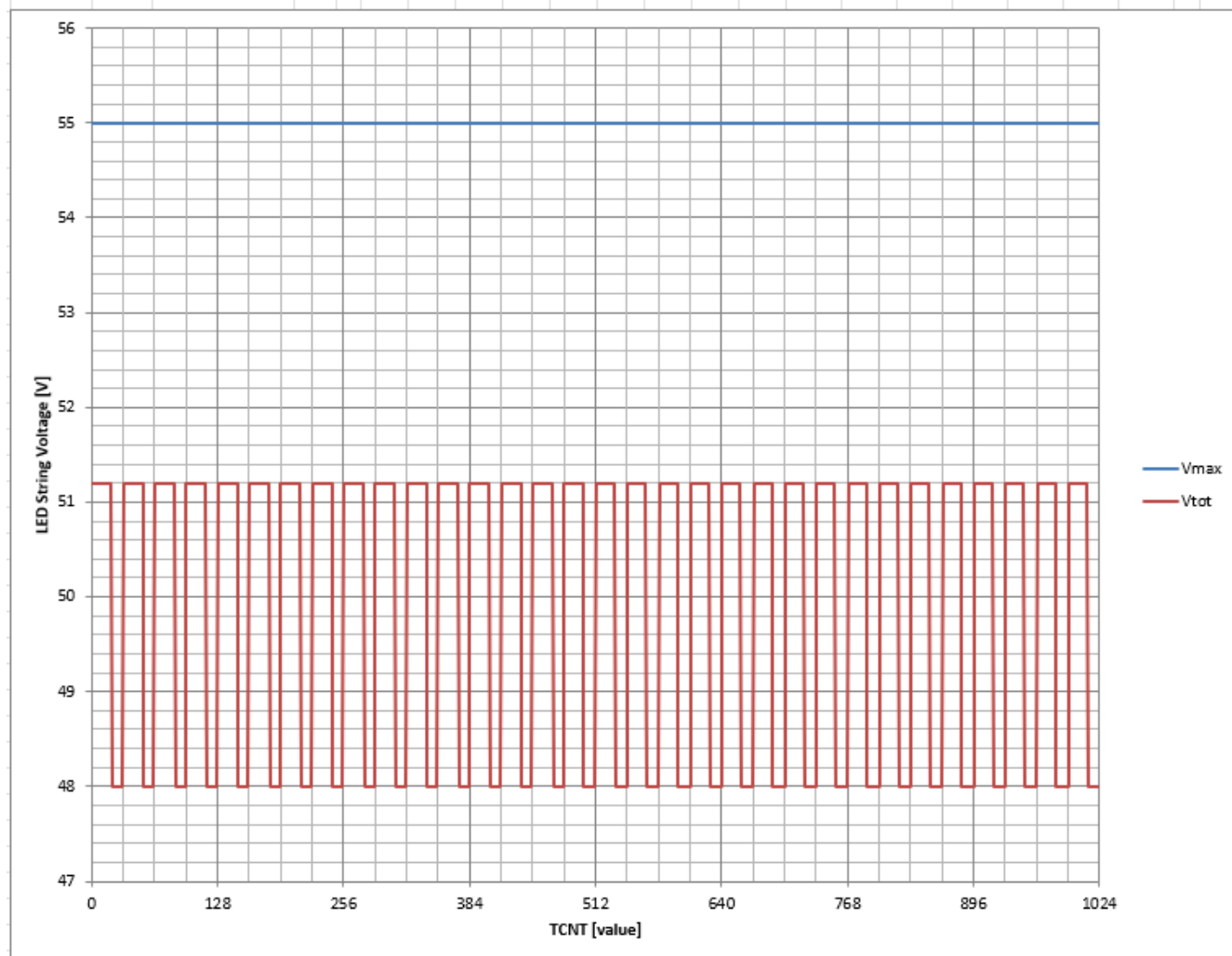


图 7-1. 示例设计 1 电子表格

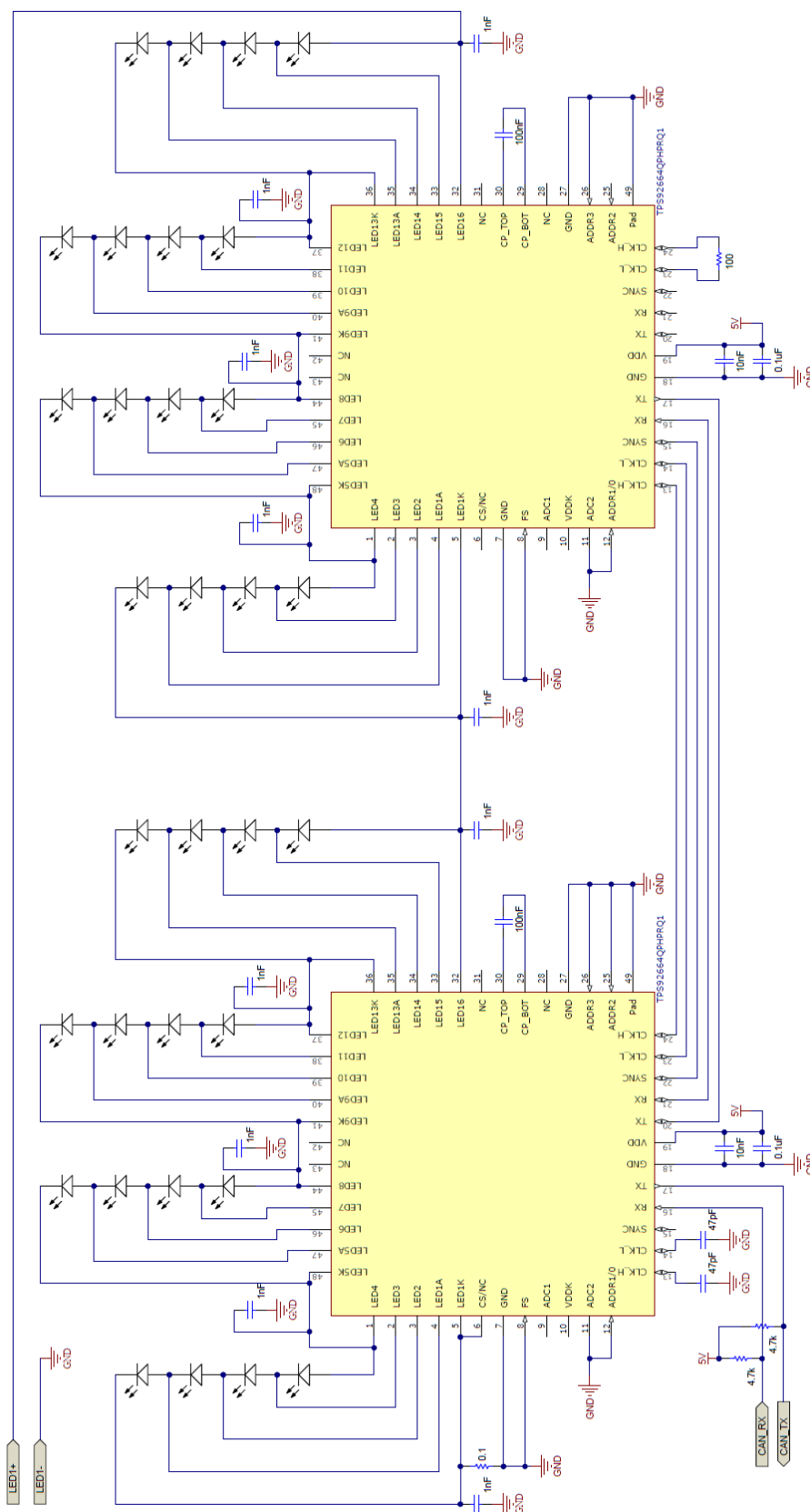


图 7-2. 使用多个器件的示例应用

## 8 示例设计 2：单个 TPS92664-Q1，每个通道多个 LED

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 PWM 周期内。PHASE 值间隔为 64 个计数 ( $1,024 \div 16$ )，并选择 WIDTH 值，使每个相位的总瞬时  $V_{f,total}$  保持在大约 50V。

# of LMM	1	*number of LMMs being multiplexed	
MAX V	55	*maximum voltage output of buck converter (must be $\leq 60V$ )	
VLED	6.6	*maximum voltage of LED "pixel" (pixel is defined by a single matrix switch in parallel)	
WIDTH	500		
PHASE	64	auto-calculate? <input checked="" type="checkbox"/>	
LEDOFF			

1st TPS92664 Device																2nd
500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	0
0	64	128	192	256	320	384	448	512	576	640	704	768	832	896	960	0
500	564	628	692	756	820	884	948	1012	52	116	180	244	308	372	436	0

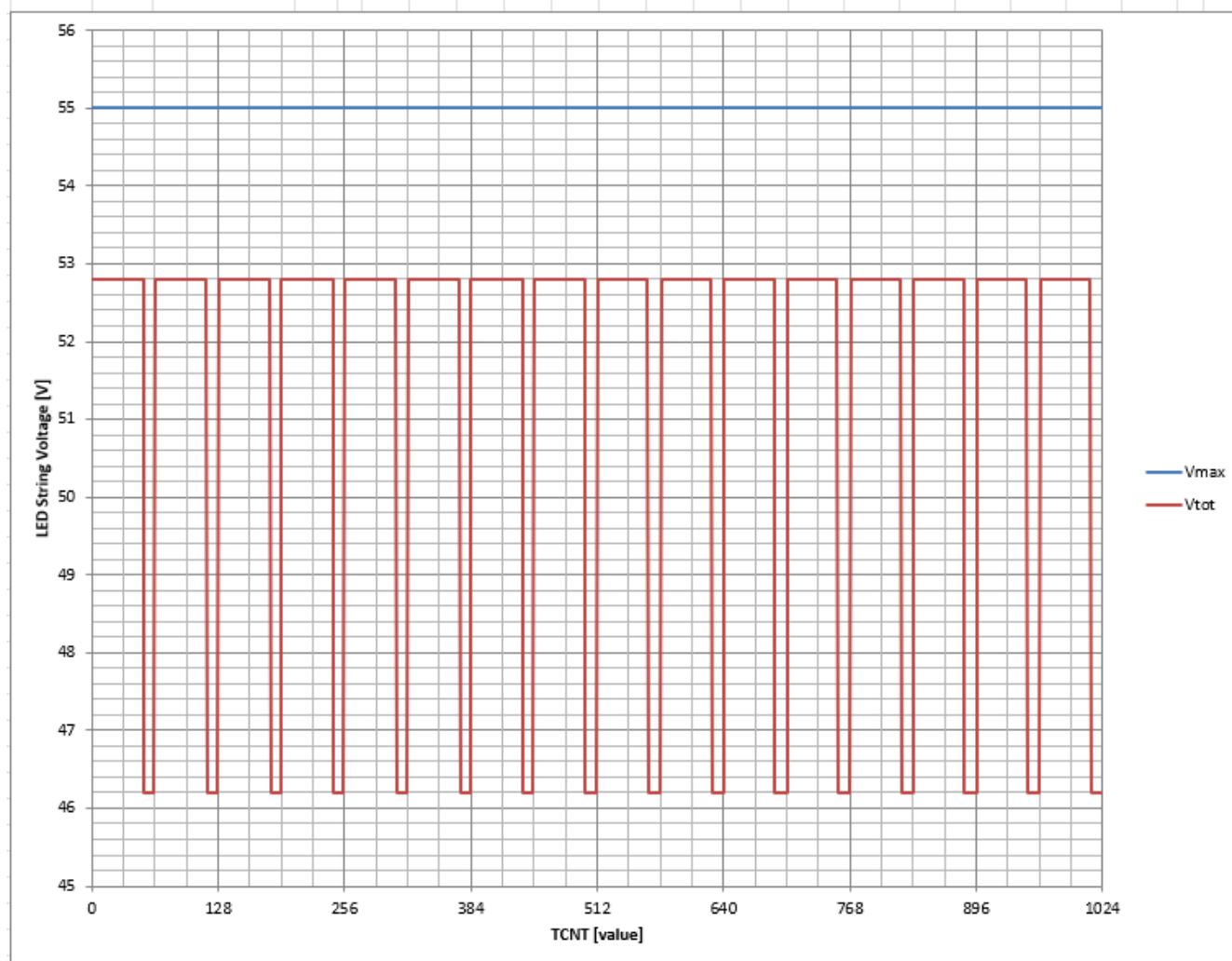


图 8-1. 示例设计 2 电子表格

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。



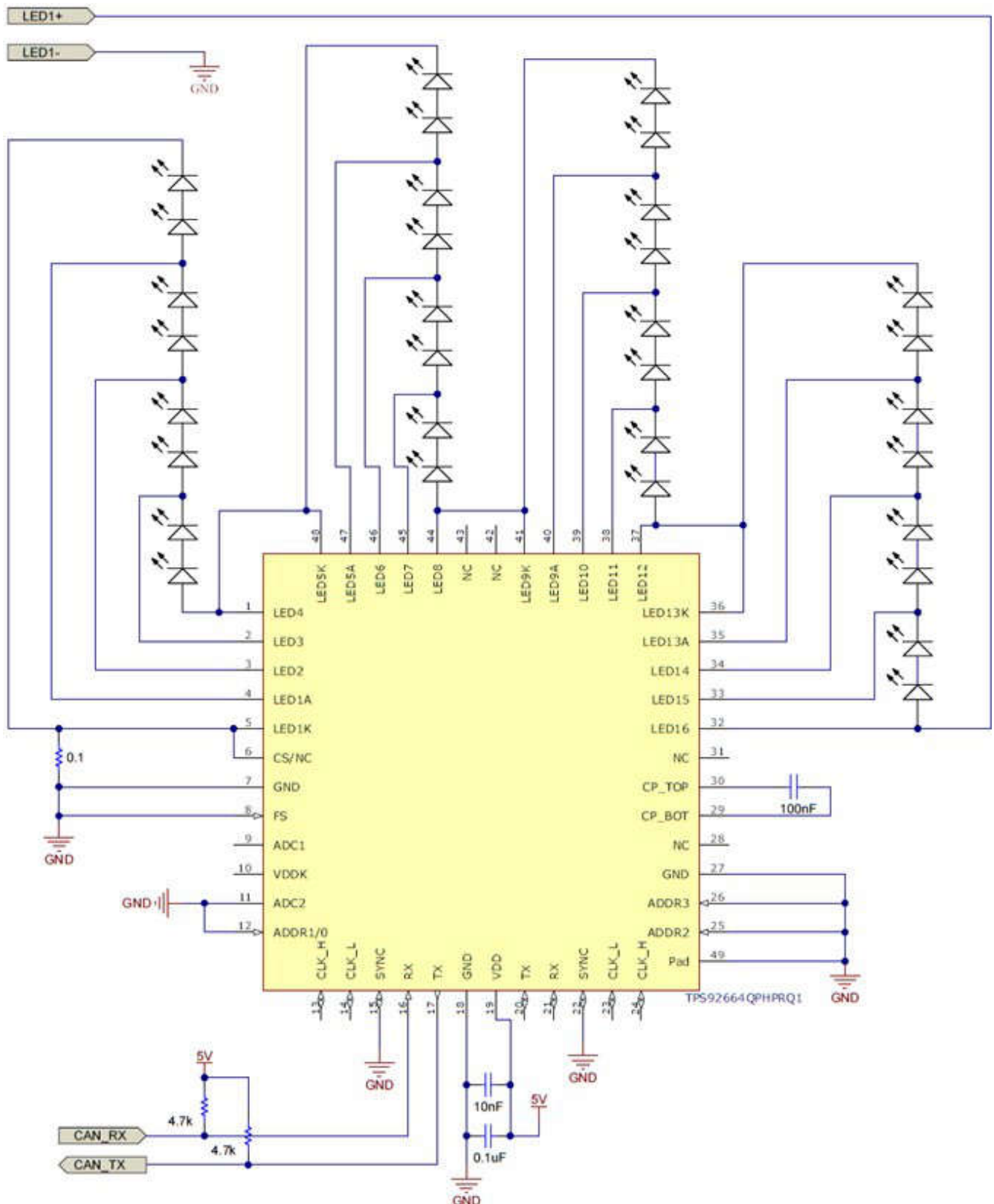


图 8-2. 使用单个器件的示例应用

## 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