



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

#### 1. MT2661CF特性

- 宽输入范围：5-V 到 100-V
- 内部集成HS和LS开关
- 无需肖特基二极管
- 最大1A负载电流
- COT（恒定导通时间控制模式）
- 无外部补偿
- 快速瞬态响应
- DCM模式轻载高效率
- CCM模式支持多路输出
- 无需外部纹波注入 (FPWM = 0)
- 接近恒定开关频率
- 频率最大可调至1MHz
- 可编程软启动时间
- 峰值电流限流保护
- 内部可调欠压保护及迟滞
- ±2%反馈电压基准
- 过热保护

#### 2. MT2661CF应用

- 工业级可编程逻辑控制器
- IGBT栅极驱动供电
- 电信DC/DC初级及次级偏压
- 电表电力线通信
- 功耗<12W的隔离DC/DC

#### 3. MT2661CF描述

MT2661CF 是一款 100V、1A 的同步降压转换器，内部集成 HS 和 LS 开关。采用恒定导通时间的控制模式（COT），无需外部频率补偿，并且具有快速的瞬态响应。内部的反馈放大器可以使输出在全温范围内保持±2% 的精度。通过 RON 电阻设置每个周期的开启时间，使开关频率近似恒定。内部具有峰值与谷值电流保护功能。输入电压的欠压值及迟滞值可以通过欠压锁定电路（EN/UVLO）调整。通过选择 FPWM 引脚的电位，MT2661CF 具有不同的工作模式，系统可以在全负载范围内工作在强制 CCM 模式，也可以在轻载时工作在 DCM 模式。MT2661CF 支持多路输出及隔离应用。

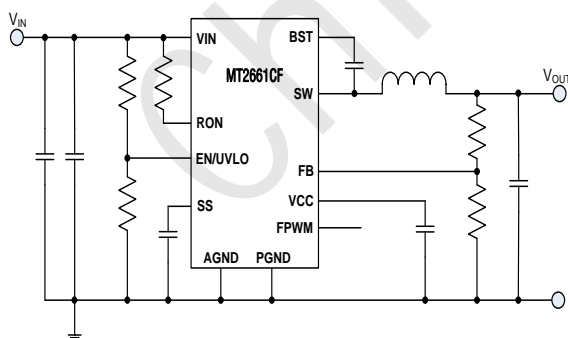
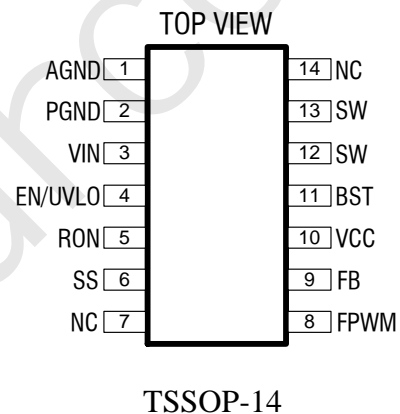


图 1：典型 Buck 应用电路

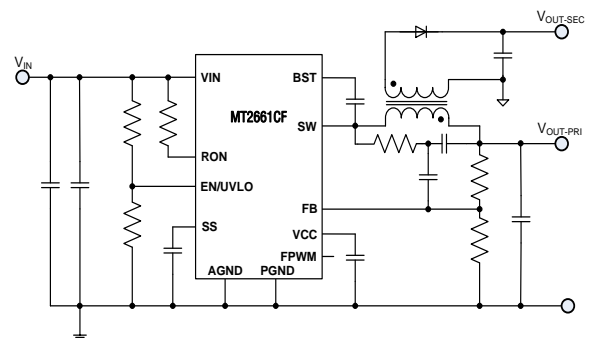


图 2：典型隔离 DC/DC 应用电路



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

#### 4. MT2661CF规格

##### 4.1 绝对最大额定值

参数		最大值	最小值	单位
输入	VIN to AGND	-0.3	100	V
	EN/UVLO to AGND	-0.3	100	
	RON to AGND	-0.3	100	
	BST to AGND	-0.3	107	
	VCC to AGND	-0.3	7	
	FPWM to AGND	-0.3	7	
	SS to AGND	-0.3	7	
输出	FB to AGND	-0.3	7	V
	BST to SW	-0.3	7	
	BST to VCC		100	
	SW to AGND	-1.5	100	
结温		-40	150	°C
存储温度		-65	150	°C

##### 4.2 封装形式

TOP VIEW	Order Part Number	Package	Top Marking
<p> <math>\theta_{JA}</math> 39.5°C/W  <math>\theta_{JC}</math> 23.7°C/W         </p>	MT2661CF	14-Pin-TSSOP	MT2661CF YMNNVV LLLLLL

Top Marking: Y=year code, M=month code, NN=number, VV=version, LLLLLL=LOT ID.

##### 4.3 引脚定义

引脚名称	引脚顺序	描述
AGND	1	模拟地。
PGND	2	功率地。
VIN	3	输入电源端。
EN/UVLO	4	精确使能端，UVLO比较器的输入端。
RON	5	导通时间（On-time）调节引脚，通过电阻将这个引脚和VIN之间



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

		连接设置On-time时间。
SS	6	软启动引脚。
FPWM	8	模式选择引脚。接 AGND用于轻载DCM模式，接VCC用于强制CCM模式和隔离Buck输出模式。
FB	9	输出电压的反馈引脚。
VCC	10	内部供电引脚。
BST	11	自举电容引脚。
SW	12,13	开关引脚。
NC	7,14	悬空
EP	-	EPAD，连接到AGND改善散热。

#### 4.4 电气参数

典型值测试条件为  $T_j = 25^\circ\text{C}$ 。如果无特殊标注,  $V_{IN} = 48\text{ V}$ 。

参数		测试条件	最小	典型	最大	单位
输入电流						
$I_{SD}$	输入关断电流	$V_{IN} = 48\text{ V}$ , EN/UVLO = 0 V		35	60	$\mu\text{A}$
$I_{OP}$	输入工作电流	$V_{IN} = 48\text{ V}$ , FB = 3 V, Non-switching		1.3	2	mA
VCC 供电						
VCC	内部供电端电压	$V_{IN} = 48\text{ V}$ , ICC = 20 mA	4.5	5.0	5.5	V
VCC	内部供电端电流限制	$V_{IN} = 48\text{ V}$	30			mA
$VCC_{(UV)}$	VCC 欠压保护	VCC rising		3.85		V
$VCC_{(HYS)}$	VCC 欠压保护迟滞	VCC falling		200		mV
$VCC_{(LDO)}$	$V_{IN} - VCC$ 压差	$V_{IN} = 5\text{ V}$ , $I_{CC} = 20\text{ mA}$		600		mV
HS FET 管						
$R_{DS(ON)}$	HS 管导通阻抗	$V_{(BST-SW)} = 5\text{ V}$ , $I_{SW} = 0.5\text{ A}$		0.3		$\Omega$
$BST_{(UV)}$	BST 欠压保护	$V_{(BST-SW)}$ rising		2.9		V
$BST_{(HYS)}$	BST 欠压保护迟滞	$V_{(BST-SW)}$ falling		200		mV
LS FET 管						
$R_{DS(ON)}$	LS 管导通阻抗	$I_{SW} = 0.5\text{ A}$		0.15		$\Omega$
HS FET 电流限制						
$I_{LIM(HS)}$	HS 管电流限制值			1.61		A
$T_{RES}$	电流限制响应时间	$I_{LIM(HS)}$ threshold detect to FET turn-off		100		ns
$T_{OFF}$	电流限制强制关断时间	FB = 0 V, $V_{IN} = 72\text{ V}$		16.5		$\mu\text{s}$
$T_{OFF1}$	电流限制强制关断时间	FB = 0.1 V, $V_{IN} = 72\text{ V}$		13		$\mu\text{s}$

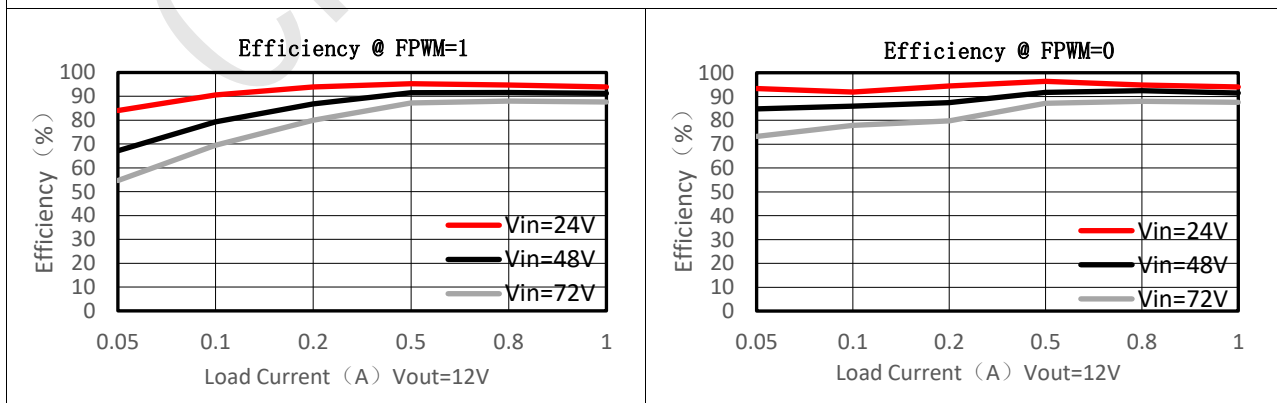


### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

$T_{OFF2}$	电流限制强制关断时间	FB = 1 V, VIN = 72 V	2.7			$\mu\text{s}$
LS FET 电流限制						
$I_{SOURCE(LS)}$	Sourcing 电流限制		1.3	1.6	1.9	A
$I_{SINK(LS)}$	Sinking 电流限制		3			
FPWM 端						
$V_{FPWM(LOW)}$	FPWM 逻辑低电平	VIN = 48 V	1			V
$V_{FPWM(HIGH)}$	FPWM 逻辑高电平	VIN = 48 V	3			
$I_{ZX}$	过零检测电流	FPWM = 0 (Diode emulation)	22.5			mA
调整比较器						
$V_{REF}$	FB 端电压	VIN = 48 V	1.96	2	2.04	V
$I_{BIAS}$	FB 输入端偏置电流	VIN = 48 V	100			nA
误差放大器和软启动						
$G_M$	误差放大器跨导	FB = $V_{REF} (\pm) 10 \text{ mV}$	100			$\mu\text{A/V}$
$I_{EA(SOURCE)}$	误差放大器 source 电流	FB = 1 V, SS = 1 V	10			$\mu\text{A}$
$I_{EA(SINK)}$	误差放大器 sink 电流	FB = 5 V, SS = 2.25 V	10			
$V_{(SS-FB)}$	$V_{SS} - V_{FB}$ 钳位电压	FB = 1.75 V, $C_{SS} = 1 \text{ nF}$	135			mV
ISS	软启动充电电流	SS = 0.5 V	10			$\mu\text{A}$
ENABLE/UVLO						
$V_{UVLO(TH)}$	欠压保护阈值	EN/UVLO rising	1.195	1.24	1.272	V
$I_{UVLO(HYS)}$	欠压保护迟滞电流	EN/UVLO = 1.4 V	15	20	25	$\mu\text{A}$
$V_{SD(TH)}$	关断模式阈值	EN/UVLO falling	0.29	0.35		V
$V_{SD(HYS)}$	关断迟滞	EN/UVLO rising	50			mV
过温保护						
$T_{SD}$	过温保护阈值		175			$^{\circ}\text{C}$
$T_{SD(HYS)}$	过温保护迟滞		20			$^{\circ}\text{C}$

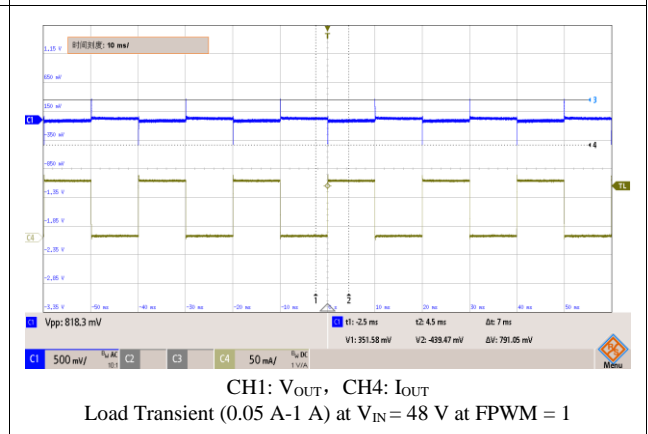
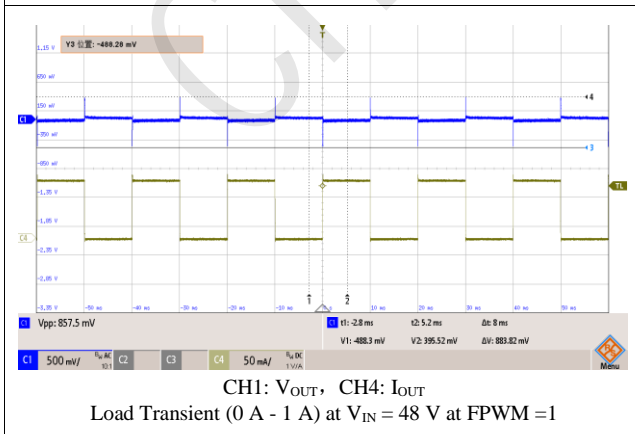
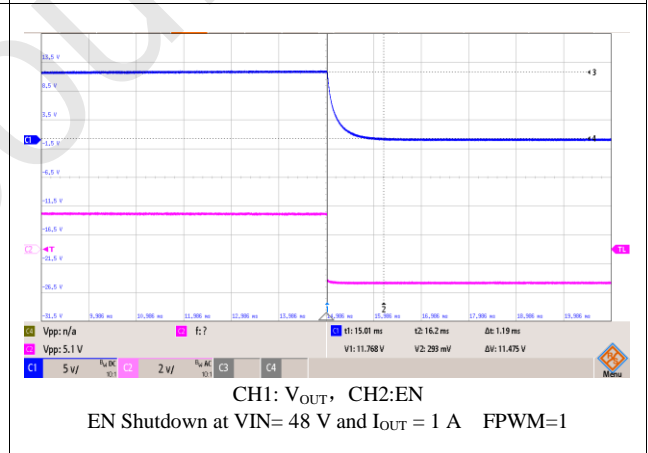
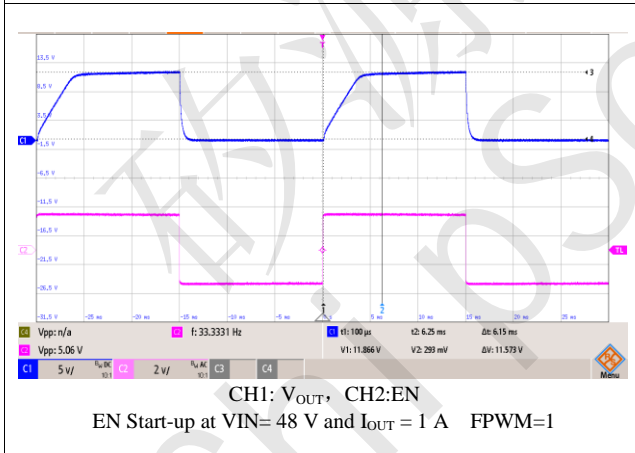
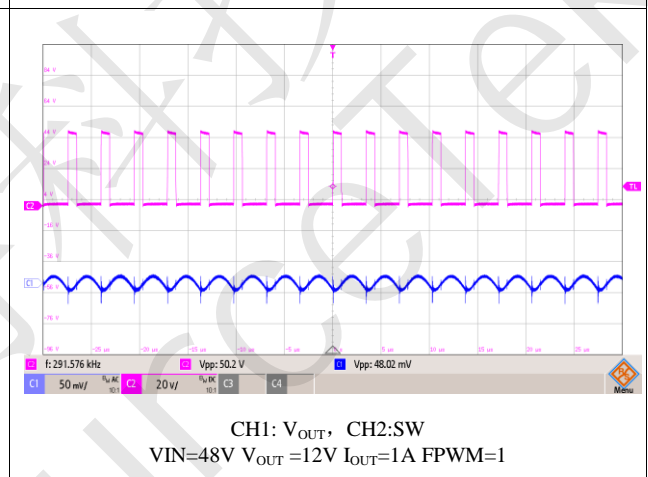
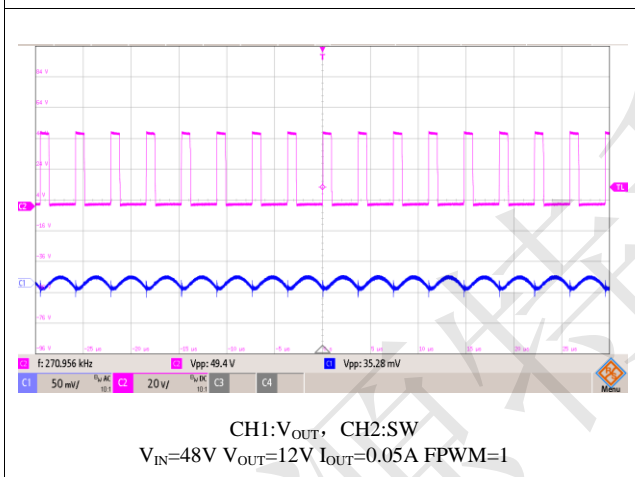
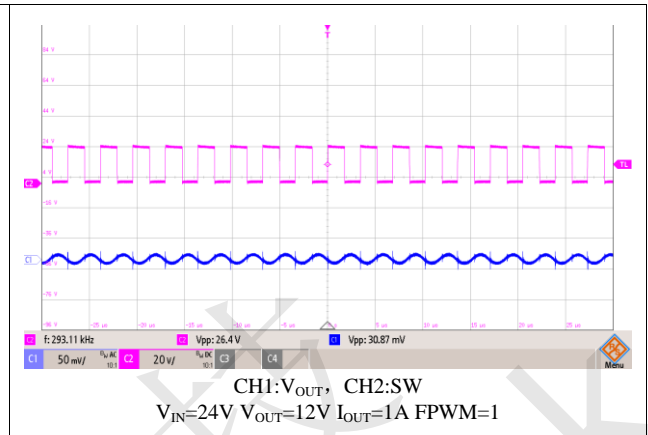
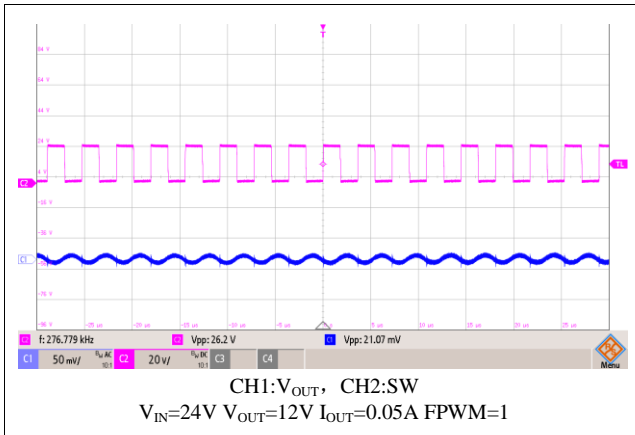
#### 4.5 典型波形

Buck: 典型值测试条件为  $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 。





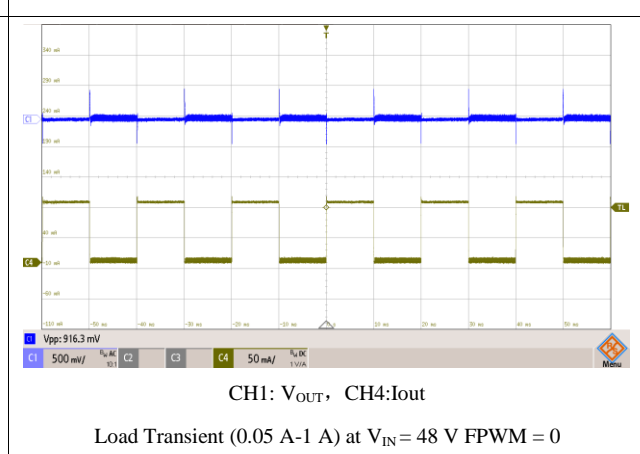
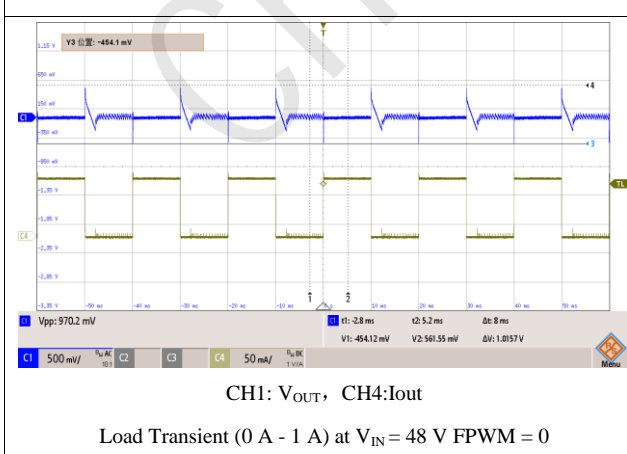
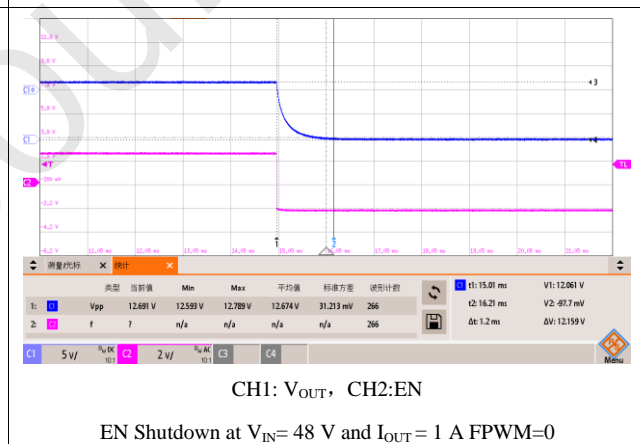
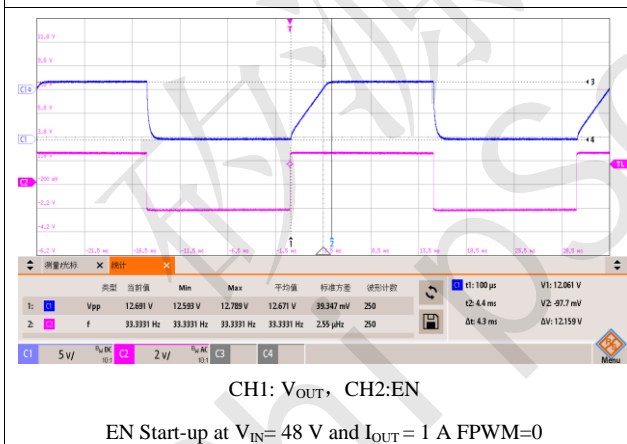
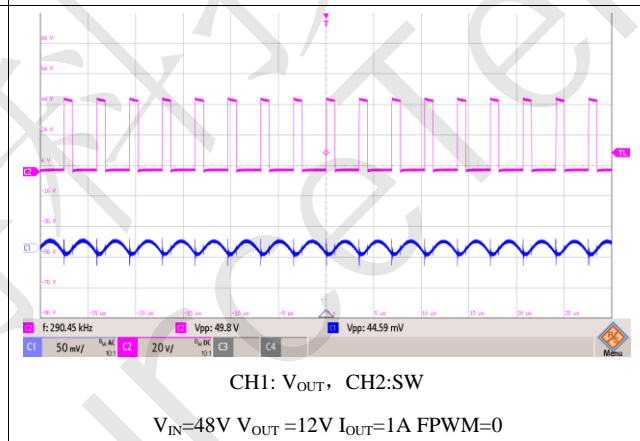
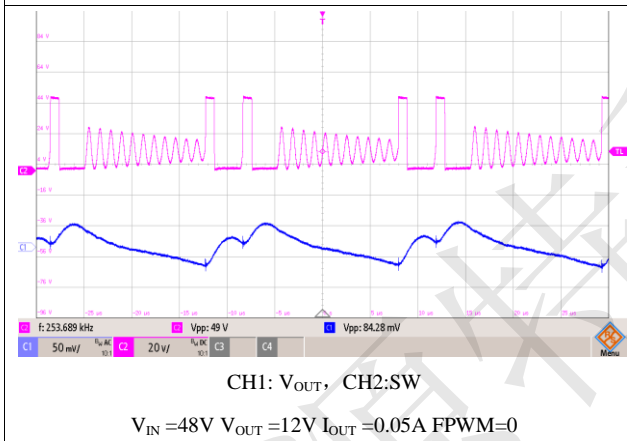
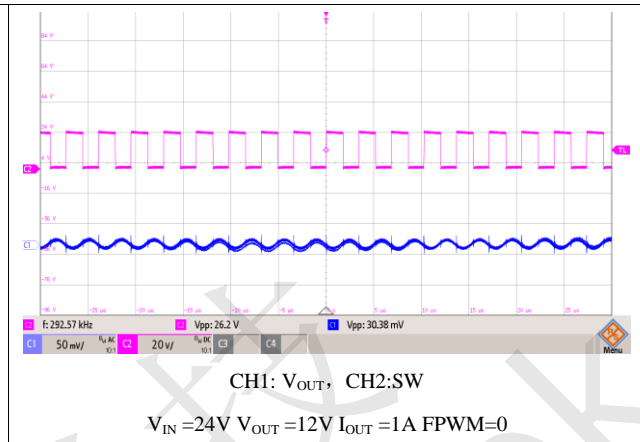
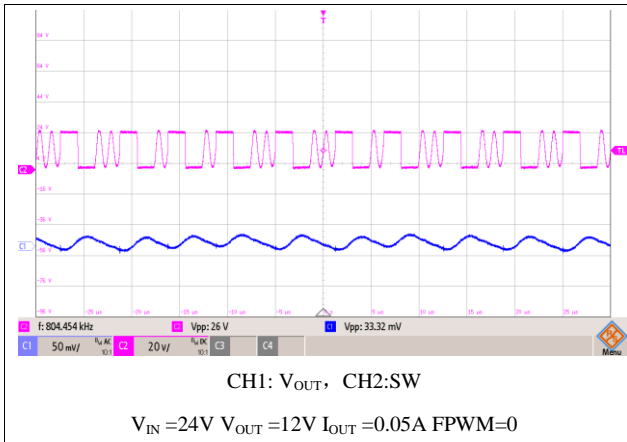
### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器







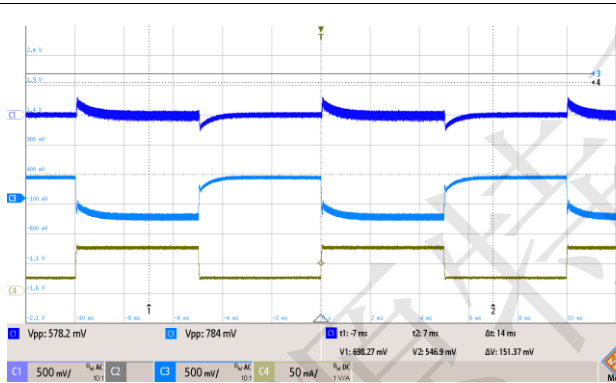
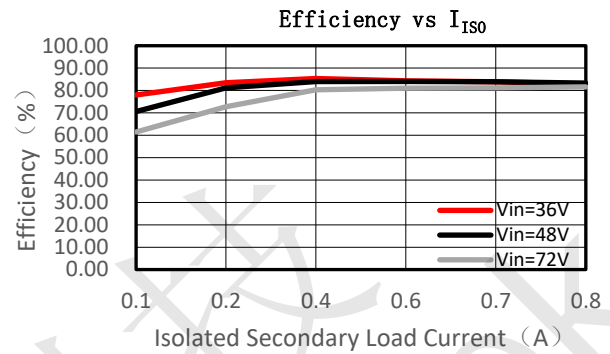
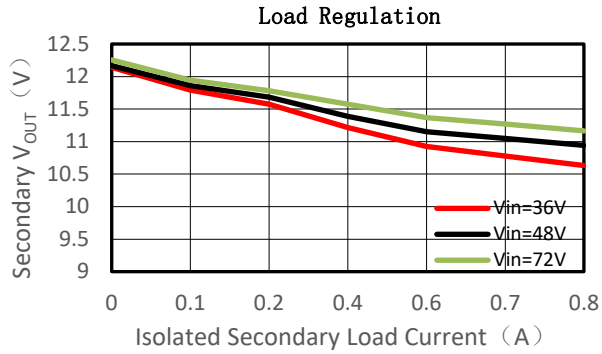
### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器



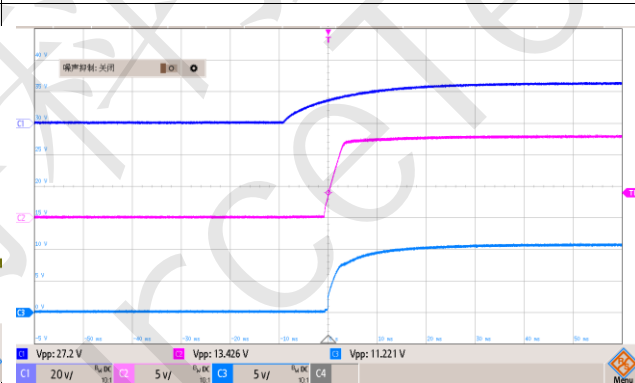


## MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

隔离 DC/DC: 典型值测试条件为  $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。



Secondary Load Transient (0.25 A-0.75 A) at  $V_{IN} = 48\text{ V}$



$V_{IN}$  Start-up at  $I_{ISO} = 500\text{ mA}$



## MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

### 5. MT2661CF功能框图

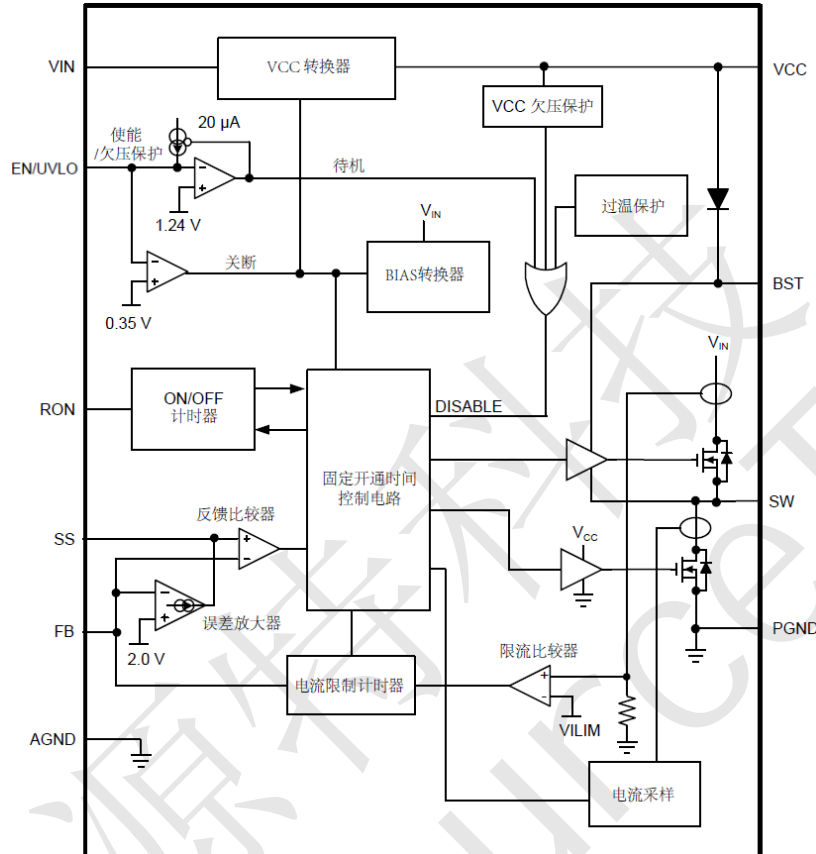


图 3: 功能框图

### 6 MT2661CF功能描述

#### 6.1 概述

MT2661CF 是一款输入范围在 5V 到 100V 的同步降压转换器，内部集成主开关管和同步开关管，无需外部肖特基二极管，具有 1A 的负载能力。MT2661CF 采用恒定导通时间（COT）控制模式，导通时间（ON-time）与输入电压  $V_{IN}$  成反比，此特性可在负载和输入电压变化时保持相对恒定的工作频率。该结构不需要外部补偿。MT2661CF 集成了欠压锁定（EN/UVLO）电路，以防止设备在低输入电压下的错误操作，并具有限流和热关断功能，在过载或短路时保护设备。

#### 6.2 内部功能描述

##### 6.2.1 控制电路

MT2661CF 的控制结构包括一个比较器和单脉冲 on-timer 产生电路，将输出电压反馈（FB）与软启动（SS）引脚的电压（ $V_{SS}$ ）进行比较，如果 FB 电压低于  $V_{SS}$ ，则内部主开关打开，打开时间由输入电压与电阻  $R_{ON}$  决定。在导通时间之后，主开关必须保持断开状态，由最小关闭





## MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

时间 OFF-time 强制关闭，直到 FB 电压再次低于  $V_{SS}$ ，单脉冲 on-timer 电路工作。在快速启动期间或负载电流突然增加时，调节器以每个周期的最小关闭时间运行。当在稳定状态下调节输出时，关闭时间自动调整，以产生输出电压调节所需的占空比。

MT2661CF 在重载时工作在连续导通 CCM 模式。如果 FPWM 管脚接地或悬空，系统在轻载时工作在间断导通 DCM 模式工作，在负载足够的情况下，MT2661CF 以连续导通模式工作。如果 FPWM 管脚接 VCC，系统在轻载和重载时，都工作在连续导通 CCM 模式。连续工作频率（以 Hz 为单位）由  $R_{ON}$  引脚电阻决定，根据公式（1）计算， $R_{ON}$  以欧姆表示。

$$F_{SW} = \frac{V_{OUT}}{1.008 \times 10^{-10} \times R_{ON}} \text{ Hz} \quad (1)$$

输出电压由两个外部电阻器（ $R_{FB1}$ 、 $R_{FB2}$ ）设定。根据公式（2）计算输出电压，其中  $V_{REF}=2\text{ V}$  是反馈参考电压。

$$V_{OUT} = \frac{V_{REF} \times (R_{FB2} + R_{FB1})}{R_{FB1}} \text{ V} \quad (2)$$

### 6.2.2 VCC 调整器

MT2661CF 包含一个内部高压 LDO 调整器，标称输出电压为 5 V。VCC 调整器内部限流最小 30mA。该调整器为内部电路供电，包括同步 LS FET 栅极驱动器和逻辑电路。同时，VCC 通过内部二极管对 BST 引脚的电容充电，为高压侧 HS 栅极驱动提供供电电源。当 VCC 引脚上的电压达到欠压锁定（ $V_{CC(UV)}$ ）阈值 3.85 V 时，系统启动。

### 6.2.3 Soft-Start 软启动电路

MT2661CF 通过软启动减少电流浪涌。当 EN/UVLO 引脚高于 EN/UVLO 待机阈值  $V_{UVLO(TH)}=1.24\text{ V}$ ，且 VCC 超过欠压值  $V_{CC(UV)}=3.85\text{ V}$  时，内部  $10\mu\text{A}$  电流源将 SS 引脚处的外部电容器从 0 V 充电至 2 V。当 SS 电容器充电至 2 V 参考电平时，软启动结束。SS 引脚处的斜坡电压产生受控的、单调的输出电压启动。在所有应用中，必须使用最小 1nF 的软启动电容。

### 6.2.4 误差放大器

MT2661CF 提供了一个跨导误差放大器，可以将参考电压（ $V_{REF}$ ）和平均反馈电压（FB）之间的差异最小化。软启动电容器（ $C_{SS}$ ）为该误差校正回路提供补偿。软启动电容器应大于 1nF，以确保稳定性。

### 6.2.5 On-Time 产生电路

MT2661CF 的主开关管 HS 导通时间由  $R_{ON}$  电阻决定，与输入电压（ $V_{IN}$ ）成反比。系统具有接近恒定的频率。导通时间可由公式（3）计算， $R_{ON}$  以欧姆表示。

$$T_{ON} = \frac{1.008 \times 10^{-10} \times R_{ON}}{V_{IN}} \text{ S} \quad (3)$$



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

为了设置连续传导模式开关频率（ $F_{SW}$  以 Hz 表示）， $R_{ON}$  电阻由公式（4）确定：

$$R_{ON} = \frac{V_{OUT}}{1.008 \times 10^{-10} \times F_{SW}} \Omega \quad (4)$$

选择  $R_{ON}$  的最小接通时间（ $V_{IN}$  最大时）必须大于 150ns 才能正常工作。这一最小接通时间要求限制了具有较高  $V_{IN}$  和较低  $V_{OUT}$  的应用的最大开关频率。

#### 6.2.6 电流限制

MT2661CF 提供了一个电流限制的 OFF-timer，可调整关闭时间。如果降压开关中的电流峰值超过 1.6 A，则 on-timer 立即终止，并启动不可复位的 OFF-timer。关断时间的长度由 FB 电压和输入电压  $V_{IN}$  决定。例如，当  $V_{FB}=0.1V$  和  $V_{IN}=72V$  时，关闭时间设置为 13us。如果输出短路或在启动的初始阶段，就会出现这种情况。在 FB 电压大于 0V 的输出过载情况下，电流限制断开时间缩短。电流极限关断时间  $T_{OFF}$  由公式（5）计算：

$$T_{OFF(CL)} = \frac{V_{IN}}{20V_{FB} + 4.35} \mu S \quad (5)$$

#### 6.2.7 EN/UVLO 使能及欠压锁定

MT2661CF 包含一个双电平欠压锁定（EN/UVLO）电路。当 EN/UVLO 引脚电压低于 0.35 V 时，调节器处于低电流关机模式。当 EN/UVLO 引脚电压大于 0.35 V 但小于 1.24 V 时，系统处于待机模式。在待机模式下，VCC 调整器工作，但转换器开关保持关断状态。当 VCC 引脚处的电压超过 VCC 上升阈值  $V_{CC}(UV) = 3.85V$  且 EN/UVLO 引脚电压大于 1.24 V 时，系统开关工作。从  $V_{IN}$  到 GND 的外部电阻分器可用于设置最小工作电压。

### 6.3 系统功能模式

#### 6.3.1 强制 PWM 模式

通过选择 FPWM 引脚的电位，可以在轻负载下选择 CCM 或 DCM 操作模式。当 FPWM 引脚接地或悬空时，跳脉冲 PFM 模式和零电流检测电路被启用。当电感器电流降到接近零时，过零检测器关闭低侧 LS FET，允许 MT2661CF 在轻负载下工作在 DCM 模式。在 DCM 状态下，开关频率随负载的减小而降低。同时内部的纹波注入电路工作，用于典型的 Buck 应用电路。此特性适用于整个负载和输入电压范围。消除了对外部反馈纹波注入电路的需要。

如果 FPWM 引脚拉高，MT2661CF 将在任何负载条件下都工作在 CCM 模式。CCM 操作降低了轻负载下的效率，但提高了输出对阶跃负载变化的瞬态响应，并提供了几乎恒定的开关频率。此外，隔离变压器输出结构需要连续的导通模式。内部纹波注入电路在 CCM 模式下被禁用。为了在 FB 节点处产生最佳纹波，需要外部纹波注入电路或与输出电容串联的 ESR 电阻器。

表 1. FPWM 引脚模式

FPWM 引脚连接	逻辑电平	描述
-----------	------	----



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

GND 或者悬空	0	FPWM 引脚接地或者悬空。轻载工作在 DCM, 内部纹波注入电路启动, 无需外部纹波注入电路。
VCC	1	FPWM 引脚连接到 VCC。轻载工作在 CCM 模式, 内部纹波注入禁用, 需要加入外部的纹波注入电路。

#### 6.3.2 欠压保护选择

表 2. UVLO 引脚模式

EN/UVLO 引脚电压	VCC 调整器	模式	描述
< 0.35 V	关闭	关断	V <sub>CC</sub> 调整器禁用, 功率管关闭。
0.35 V to 1.24 V	开启	待机	V <sub>CC</sub> 调整器工作, 功率管关闭。
> 1.24 V	V <sub>CC</sub> < V <sub>CC(UV)</sub>	待机	V <sub>CC</sub> 调整器工作, 功率管关闭。
	V <sub>CC</sub> > V <sub>CC(UV)</sub>	正常工作	V <sub>CC</sub> 调整器工作, 功率管开启。

如果不需要 EN/UVLO 设定点, EN/UVLO 引脚可由逻辑信号驱动, 作为启用输入, 或直接连接到 VIN 引脚。如果 EN/UVLO 直接连接到 VIN 引脚, 当 VCC UVLO 满足时, 调节器将开始工作。

## 7. MT2661CF应用

### 7.1 MT2661CF 同步降压应用 (15V 到 95V 输入 12V 输出, 1A 负载)

典型的应用是同步 buck 变换器, 其工作电压范围从 15V 到 95V, 并提供稳定的 12V 输出电压, 最大输出电流能力为 1A。

表 3. Buck 工作参数

参数	设计值
输入电压范围	15-V to 80-V
输出电压	12-V
全负载范围	1-A
典型频率	300 kHz
轻载模式	CCM, FPWM=1
跳线帽 JP1	引脚 1-2 连接



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

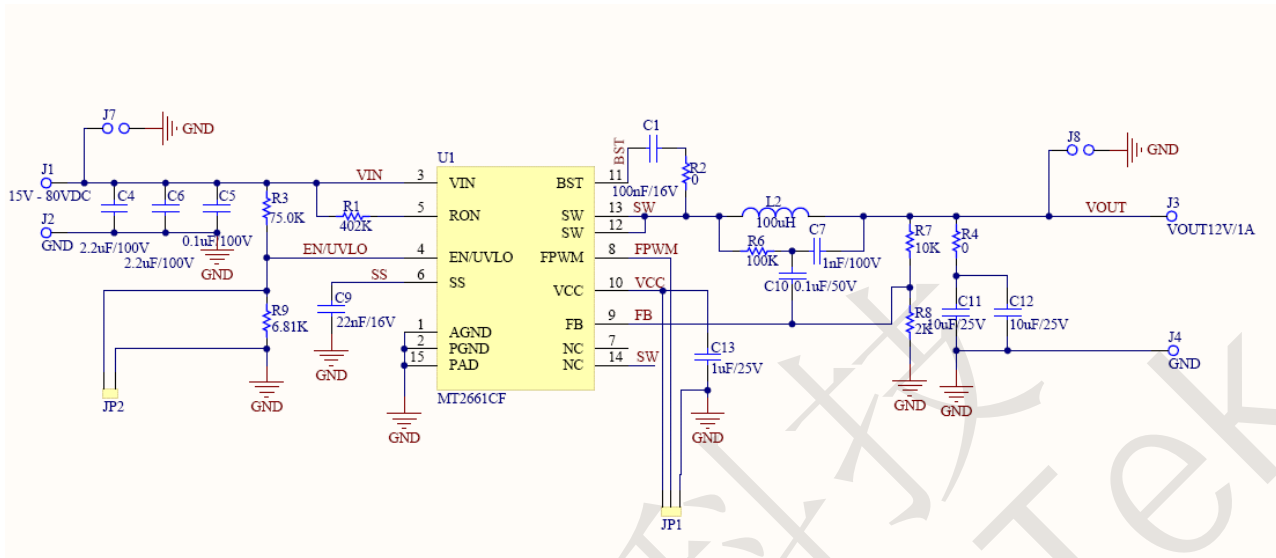


图 4：同步降压应用图

#### 7.1.1 输出电阻选择

通过选择  $R_{FB1}$  (R8) 和  $R_{FB2}$  (R7) 来设置输出电压值。如公式 (6)：

$$\frac{R_{FB2}}{R_{FB1}} = \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \quad (6)$$

#### 7.1.2 频率选择

在最小输入电压下保持输出所需的占空比限制了 MT2661CF 的最大开关频率。最小强制关断时间  $T_{OFF, min}$  的最大值限制了占空比，因此限制了开关频率。在最小输入电压下避免输出衰减的最大频率可以从公式 (7) 中计算出来。

$$F_{SW, max}(@V_{IN, min}) = \frac{V_{IN, min} - V_{OUT}}{V_{IN, min} \times T_{OFF, min} (ns)} \quad (7)$$

例如，基于  $T_{OFF}$  最小关闭时间限制的最大频率，即 170 ns 计算为  $F_{SW, max}(@V_{IN, min}) = 1.2$  MHz。该值高于 1MHz，是 MT2661CF 的最大可能工作频率。因此，最小关闭时间参数限制了本应用中可实现的最大开关频率计算。

在最大输入电压下，MT2661CF 的最大开关频率受限制为最小时间 ( $T_{ON, min}$ )，从而限制了转换器的最小占空比。最大输入电压下的最大频率可以使用公式 (8) 计算。

$$F_{SW, max}(@V_{IN, min}) = \frac{V_{OUT}}{V_{IN, max} \times T_{ON, min} (ns)} \quad (8)$$

使用公式 (8) 和  $T_{ON, min} (typ) = 150$  ns，可实现的最大开关频率为  $F_{SW, max} (@V_{IN, min}) = 1000$  kHz。将该值作为输入电压范围内的最大可能工作开关频率，该设计选择  $F_{SW} = 300$  kHz 的标称





### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

开关频率。电阻器的值  $R_{ON}$  根据公式 (9) 设置标称开关频率。对于  $F_{SW}=300$  KHz 的应用,  $R_{ON}$  ( $R1$ ) 计算为  $396$   $k\Omega$  (取值  $402$   $k\Omega$ )。

$$R_{ON} = \frac{V_{OUT}}{1.008 \times 10^{-10} \times F_{SW}} \Omega \quad (9)$$

#### 7.1.3 电感选择

选择电感将电感的纹波电流限制在最大负载电流的 20%到 40%之间。此应用中所需电感的最小值可根据公式 (10) 计算:

$$L_{min} = \frac{V_O \times (V_{IN,max} - V_O)}{V_{IN,max} \times F_{SW} \times I_{O,max} \times 0.4} \quad (10)$$

根据公式 (10), 在  $V_{IN}=80V$  时, 电感器的最小值计算为  $85\mu H$ , 并且电感器电流纹波将为最大负载电流的 40%。考虑到电感变化和电感饱和裕度, 本设计选择  $L=100\mu H$ 。

电感电流纹波由以下公式得出:

$$\Delta I_L = \frac{V_O \times (V_{IN} - V_O)}{V_{IN} \times F_{SW} \times L} \quad (11)$$

Buck FET 中的最大峰值电感电流可根据公式 (12) 计算:

$$I_{L(peak)} = I_{O,max} + \frac{\Delta I_{L,max}}{2} \quad (12)$$

在该芯片最大输出电流为 1A 的设计中, 除了最大峰值电流外, 还需要考虑电感器的饱和电流。在过载或短路情况下, 电感电流的峰值将受到高侧 FET 电流限制的限制。根据电气特性中的高侧 FET 限流规范, 应选择饱和电流额定值大于 1.9A (最大值) 的电感。

#### 7.1.4 输出电容选择

选择输出电容来限制降压转换器输出端的电容纹波。电容器上纹波电压  $\Delta V_O$  所需的输出电容根据公式 (13) 计算:

$$C_{OUT} = \frac{\Delta I_{L,max}}{8 \times F_{SW} \times \Delta V_{O,ripple}} \quad (13)$$

用  $\Delta V_{O,ripple}=10$  mV 得出  $C_{OUT}=15\mu F$ 。选择 2 个并联的标准  $10\mu F$  陶瓷电容器 ( $C11$ 、 $C12$ )。 $C_{OUT}$  ( $C11$ ,  $C12$ ) 应使用额定电压为 25V 或更高的 X7R 型电容器, 以限制直流偏压引起的电容减少。

#### 7.1.5 串联纹波电阻 ( $R_{ESR}$ ) ( $FPWM = 1$ )

如果  $FPWM=1$ , 即当连接到 VCC 时,  $FPWM$  引脚被拉高, 则必须选择与输出电容器串联的电阻  $R_{ESR}$  或外部纹波注入电路, 以确保在反馈引脚  $FB$  处有足够的纹波注入 ( $>25$  mV)。 $R_{ESR}$





## MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

产生的纹波与电感电流纹波成正比，因此， $R_{ESR}$  应该由最小输入电压下发生的最小电感电流纹波来计算。根据公式（14）计算  $R_{ESR}$ 。

$$R_{ESR} \geq \frac{25\text{mV} \times V_O}{V_{REF} \times \Delta I_{L,\min}} \quad (14)$$

当  $V_O=12\text{V}$ ， $V_{REF}=2\text{V}$  和  $\Delta I_{L,\min}=81\text{mA}$ （在  $V_{IN,\min}=15\text{V}$ ），公式（14）要求  $R_{ESR}$  大于或等于  $1.87\Omega$ 。选择  $R_{ESR} (R4)=2\Omega$  时，在最大  $V_{IN}$  时，最大输出电压纹波约为  $700\text{mV}$ 。然而，由于内部直流误差校正回路，尽管在电路中增加了一个较大的  $R_{ESR}$ ，负载和线路调节将大大改善。

对于需要更低输出电压纹波的应用，必须使用第 2 种或第 3 种纹波注入电路，如纹波配置中所述。在这个设计示例中，当  $FPWM=1$  时，选择一个  $0\Omega$  ESR 电阻器，并使用外部 3 型纹波注入电路。

### 7.1.6 VCC 和 Bootstrap 电容

VCC 电容器在高压侧开关关闭时给自举电容  $C_{BST}$  充电，为内部逻辑电路和低压侧开关栅极驱动供电。自举电容器在高压侧开关导通期间为其栅极驱动供电。 $C_{VCC}$  最佳取值为  $1\mu\text{F}$ 。 $C_{BST}$  的最佳取值是  $10\text{nF}$ 。这两种电容器都必须是高质量的 X7R 陶瓷电容器。

### 7.1.7 输入电容选择

输入电容器必须足够大，将输入电压纹波限制在可接受的水平。公式（15）提供了  $\Delta V_{IN}$  纹波的最坏情况下输入纹波所需的输入电容  $C_{IN}$ 。

$$C_{IN} = \frac{I_{O,\max} \times D \times (1-D)}{\Delta V_{IN,\text{ripple}} \times F_{SW}} \quad (15)$$

根据公式（15），计算出  $D=0.5$  时输入电容器的值约为  $1.68\mu\text{F}$ 。考虑到电容随外加电压的降低，选择了 2 个  $2.2\mu\text{F}$  标准值陶瓷电容器  $C3$  和  $C4$ 。输入电容器的额定值应能承受所有工作和瞬态条件下的最大输入电压。本设计选用  $100\text{V}$ ，X7R 陶瓷电容器。

在本设计中，需要第三个输入电容器  $C_5$  作为输入开关电流的高频分量的旁路路径。 $C_5$  值为  $0.1\mu\text{F}$ ，该旁路电容器必须直接放置在靠近 IC 的  $V_{IN}$  和  $PGND$ （引脚 3 和 2）上。 $C_{IN}$  值和位置对降低开关噪声和瞬态至关重要。

### 7.1.8 软启动电容选择

SS 引脚上的电容器决定软启动时间。电容值由公式（16）确定：

$$C_{SS} = \frac{I_{SS} \times T_{\text{Startup}}}{V_{SS}} \quad (16)$$

$C_{SS}=22\text{nF}$  并且  $V_{SS} = 2\text{V}$ ， $I_{SS} = 10\mu\text{A}$ ，软启动时间  $T_{\text{Startup}}$  接近  $4\text{ms}$ 。



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

#### 7.1.9 EN/UVLO 电阻选择

UVLO 电阻器 R3 ( $R_{UV2}$ ) 和 R9 ( $R_{UV1}$ ) 根据公式 (17) 和公式 (18) 设置输入欠压锁定阈值和迟滞值:

$$V_{IN(HYS)} = I_{UVLO(HYS)} \times R_{UV2} \quad (17)$$

$$V_{IN,UVLO(rising)} = V_{UVLO(TH)} \times \left(1 + \frac{R_{UV2}}{R_{UV1}}\right) \quad (18)$$

参考电特性表格,  $I_{UVLO(HYS)} = 20\mu A$ ,  $V_{UVLO(TH)} = 1.24V$ 。

#### 7.2 MT2661CF 隔离式 DC/DC 结构 (36V to 72V 输入, 12V, 12W 隔离输出)

另一个典型的应用实例是隔离式 DC/DC 转换器在 36 V 到 72 V 的输入电压范围内工作。它提供稳定的 12 V 隔离输出电压, 输出功率能力为 10 W。应用电路如图 5 所示。

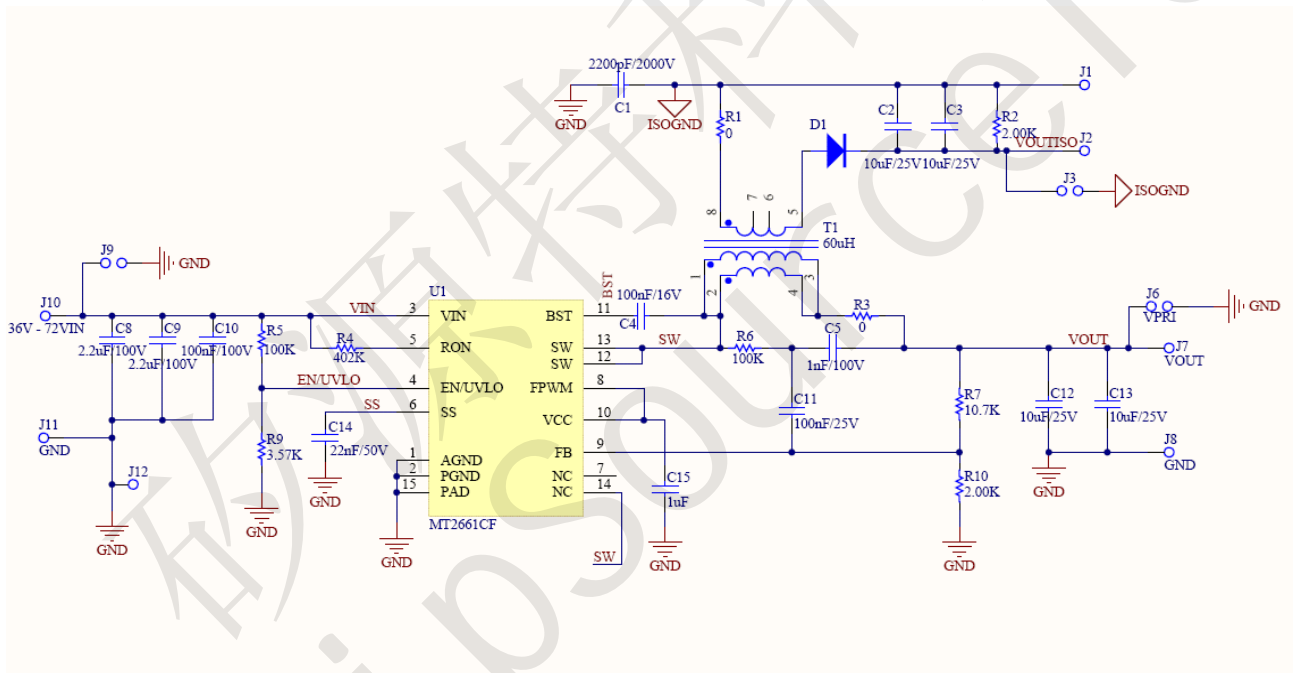


图 5: 12V, 10W 隔离式 DC/DC 结构电路图

#### 7.2.1 MT2661CF 隔离式 DC/DC 设计需求

MT2661CF 隔离式 DC/DC 应用设计为在标称 48V 直流电源 (线路变化范围为 36V 至 72V) 下运行, 可以提供高效的 12V 隔离输出解决方案, 二次负载电流能力为 0A 至 800 mA。在应用中, 初级线圈可以处于无负载状态。开关频率标称值为 300 KHz。这种设计可实现超过 88% 的峰值效率。

表 4. 隔离方案设计参数

参数	设计值
输入电压范围	36 V - 72 V
隔离输出	12 V ( $\pm 10\%$ )



## MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

隔离负载电流 ( $I_{ISO}$ )	0A to 0.8A
标称开关频率	300 KHz
峰值效率	$\geq 87\%$
工作模式	FPWM = 1

### 7.2.2 设计规则

隔离式 DC/DC 转换器的设计过程严格遵循 MT2661CF 同步降压 (15V 至 95V 输入, 12V 输出, 1A 负载) 中概述的 Buck 变换器设计。在这里将介绍初级输出电压, 变压器匝数比, 整流二极管和输出电容的选择。

#### 7.2.2.1 $V_{OUT}$ 输出及变压器匝数比

隔离式 DC/DC 转换器的初级输出电压应不超过最小输入电压的一半。因此, 在最小  $V_{IN}$  为 36 V 时, 一次输出电压 ( $V_{OUT}$ ) 不应高于 18 V。图 34 中  $V_{OUTISO}$  的隔离输出电压通过选择匝数比 ( $N_1:N_2$ )1: 1 的比例。利用此匝数比, 初级输出电压  $V_{OUT}$  在公式 19 中计算:

$$V_{OUT} = \frac{V_{OUTISO} + V_{FD1}}{\frac{N_2}{N_1}} = \frac{V_{OUTISO} + 0.7V}{1} = 12.7V \quad (19)$$

公式 (19) 中  $V_{OUTISO}$  的 0.7V ( $V_{FD1}$ ) 表示次级整流二极管的正向压降。通过选择正确的反馈电阻, 将初级输出电压  $V_{OUT}$  设置为 12.7V, 次级电压调节为 12V。

#### 7.2.2.2 次级整流二极管

次级整流二极管必须能阻断最大输入电压反射到次级开关节点上的电压。最小二极管反向电压  $V_{(RD1)}$  额定值在公式 (20) 中给出:

$$V_{RD1} = V_{IN(max)} \times \frac{N_2}{N_1} + V_{OUTISO} = 72V \times 1 + 12V = 84V \quad (20)$$

在此应用中, 考虑到最坏的瞬态输入电压, 必须选择反向电压额定值为 100V 或更高的二极管。

#### 7.2.2.3 外部纹波注入电路

MT2661CF 中的 FPWM 引脚在隔离式 DC/DC 转换器应用时, 不得接地或保持开路, 纹波注入电路选择第 3 种类型。有关波纹注入设计信息, 请参见纹波配置。

#### 7.2.2.4 输出电容 ( $C_{VISO}$ )

隔离式 DC/DC 转换器的输出电容比 buck 变换器输出电容传导更高的纹波电流。隔离输出电容器上的纹波电压是根据整流二极管关闭的时间计算的。在此期间, 整个输出电流由输出电容器提供。最坏情况下纹波电压所需的电容可使用公式 (21) 计算, 其中  $\Delta V_{ISO}$  是次级输出处的预期纹波电压。



### MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

$$C_{V_{ISO}} = \frac{I_{ISO}}{\Delta V_{ISO}} \left( \frac{V_{PRI}}{V_{IN(MIN)}} \right) \times \frac{1}{f_{sw}} \quad (21)$$

公式 (21) 是一个近似值, 忽略了与输出电容器的 ESR 和 ESL 相关的纹波分量。对于  $\Delta V_{ISO} = 100 \text{ mV}$ , 公式 (21) 要求最小  $C_{V_{ISO}} = 11.12 \mu\text{F}$ 。我们这里选择 2 个  $10 \mu\text{F}$  的 X7R 陶瓷电容。

#### 7.2.3 纹波配置

MT2661CF 采用恒定导通时间 (COT) 控制方案, 系统开关的开启时间由 ON-timer 定时器决定, 系统开关的关断时间由反馈电压  $V_{FB}$  与参考电压比较得到。因此, 为了稳定运行, FB 电压必须单调地降低, 并且在关断时间内与电感电流同相。此外, 在开关关闭时间内反馈电压  $V_{FB}$  的变化必须足够大, 以主导反馈节点处存在的任何噪声。

表 5 给出了在反馈节点产生适当电压纹波的三种不同方法。类型 1 和类型 2 的纹波电路将转换器输出的纹波耦合到反馈节点 FB。输出电压纹波有两个组成部分: (1) 电感电流纹波对输出电容器充电或放电产生的电容纹波。(2) 通过输出电容器 ESR 和  $R_3$  的电感器电流纹波引起的电阻纹波。

电容纹波与电感电流不同步, 而且电容纹波在关断时间内不会单调减小。电阻纹波与电感电流同相, 并且在关断时间内单调减小。所以, 电阻纹波必须超过输出电容纹波 ( $V_{OUT}$ ) 才能稳定运行。如果不满足这一条件, 在 COT 变换器中会观察到不稳定的开关行为, 连续的多个导通时间脉冲随后是很长的关断时间。

类型 3 的纹波注入是利用纹波注入电路与  $R_A$ ,  $C_A$  和开关节点 (SW) 电压产生三角形斜坡。然后, 使用电容器  $C_B$  将该三角形斜坡交流耦合到反馈节点 FB。由于该电路不使用输出电压纹波, 因此它适用于要求低输出电压纹波的应用场合。

表 5. 纹波注入结构

类型 1	类型 2	类型 3
$R_3 \geq \frac{25\text{mV} \times V_O}{V_{REF} \times \Delta I_{L1,\text{min}}}$	$C_{ff} \geq \frac{5}{f_{sw} \times (R_{FB2} // R_{FB1})}$ $R_3 \geq \frac{25\text{mV}}{\Delta I_{L1,\text{min}}}$	$R_A C_A \leq \frac{(V_{IN,\text{min}} - V_O) \times T_{ON}(@V_{IN,\text{min}})}{25\text{mV}}$





## MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

### 8. MT2661CF PCB 布局

#### 8.1 布局指南

正确的布局布线对电路的性能至关重要，建议遵守以下布局指南：

- $C_{IN}$ ：由输入电容器（ $C_{IN}$ ）、VIN 引脚和 PGND 引脚组成的回路存在开关电流，因此，在 MT2661CF 中，输入电容器必须靠近 IC，直接连接 VIN 和 PGND 引脚，最小化环路面积。
- VIN 和 RON 引脚之间的  $R_{ON}$  电阻器和 SS 电容器应尽可能靠近其各自的引脚。
- $C_{VCC}$  和  $C_{BST}$ ：VCC 和 bootstrap（BST）旁路电容器向高压侧和低压侧栅极驱动器提供开关电流，这两个电容器也应尽可能靠近 IC，并且连接线长度和回路面积必须保持在最小值（见布局范例）。
- 反馈环路布线时必须小心，避免将任何噪声耦合到该引脚中，特别是反馈环路必须很短，并且不能靠近磁性元件，或者与任何其他开关走线平行。
- 在 FPWM=1 模式下，如果在 FB 引脚处使用纹波注入电路来产生纹波，则将反馈纹波注入直流环路和  $V_{OUT}$  环路，差分布局是比较好的选择，有助于减小 FB 引脚处任何噪声注入的范围。
- SW 走线：SW 节点在每个周期的 VIN 和 GND 之间快速切换，因此是噪声源，SW 节点区域必须保持在最小值。

#### 8.2 布局范例

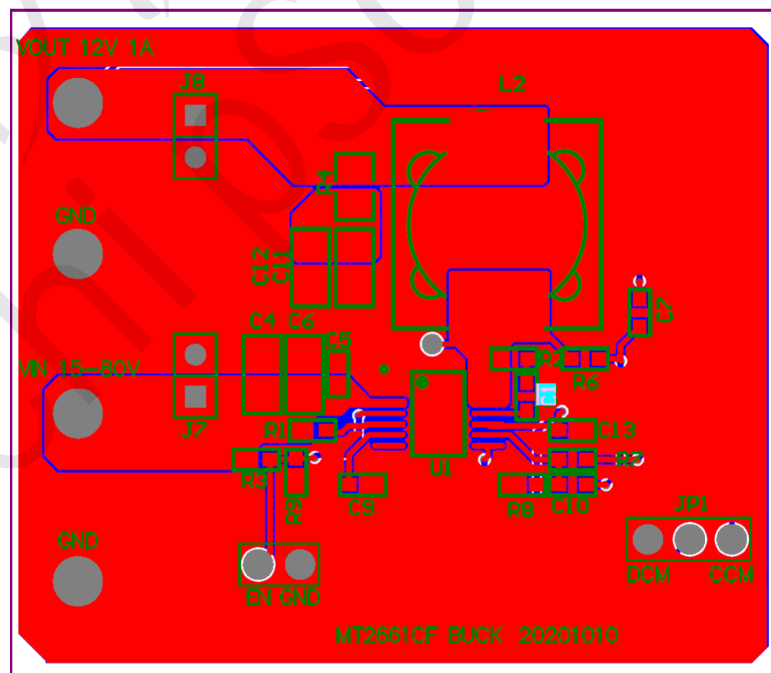


图 6：Buck 方案布局范例





MT2661CF宽输入 100-V, 1-A 同步降压/隔离式 DC/DC 转换器

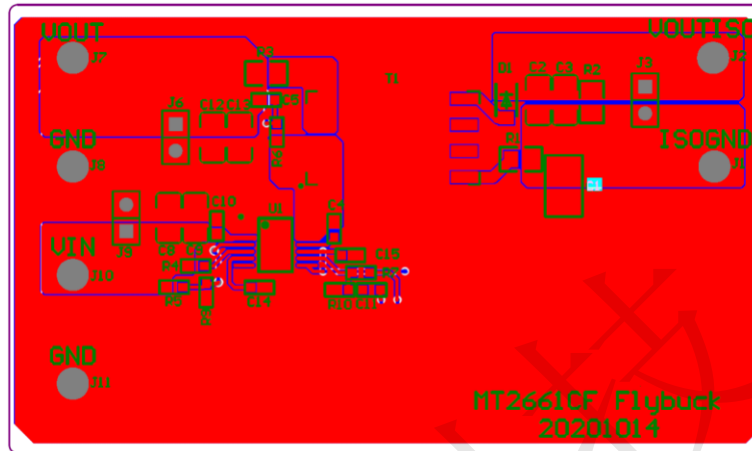


图 7：隔离输出方案布局范例



## 9. MT2661CF封装尺寸

