

特点

- 响应时间仅 1 μ s 的快速电路断路器
- 三种可选电路断路器门限
- 无需检测电阻器
- 双级过流故障保护
- 0V 至 6V 的负载电压控制范围
- 用于外部 N 沟道 FET 的高压侧驱动器
- 欠压闭锁
- 当电路断路器进入待命状态时 READY 引脚发出指示信号
- 采用小外形塑料 (3mm \times 2mm) DFN 封装


应用

- 电子电路断路器
- 高压侧开关
- 热板插拔

描述

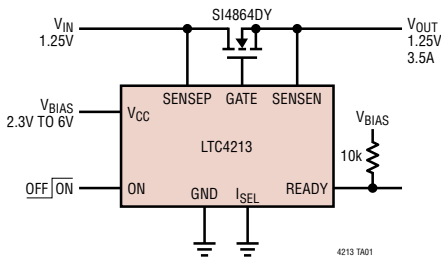
LTC[®]4213 是一款电子电路断路器。一个过流电路断路器可在无需采用检测电阻器的情况下对一个外部 N 沟道 MOSFET 的漏极和源极端子上的电压进行检测。其优点是成本较低且开关通路中的电压和功率损耗有所下降。一个内部高压侧驱动器负责控制外部 MOSFET 栅极。

两个集成比较器在偏置电源至地的共模范围内提供了双级过流保护。慢速比较器具有 16 μ s 的响应时间，而快速比较器则可在 1 μ s 的时间里发生跳变。电路断路器具有三种可选跳变门限：25mV、50mV 和 100mV。一个 ON 引脚用于控制 ON/OFF，并使电路断路器故障复位。READY 引脚负责发出 MOSFET 正处于传导状态和电路断路器已准备就绪的指示信号。LTC4213 可在 V_{CC} = 2.3V 至 6V 的范围内运作。

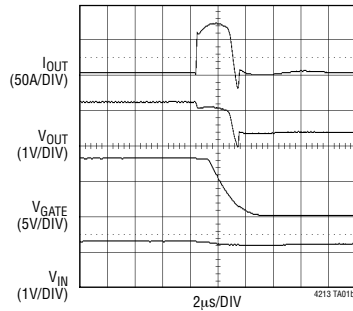
、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。
 No R_{SENSE} 是凌特公司的商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

典型应用

1.25V 电子电路断路器



严重过载响应



LTC4213

绝对最大额定值 (注1)

偏置电源电压 (V_{CC})	-0.3V 至 9V
输入电压	
ON, SENSEP, SENSEN	-0.3V 至 9V
I_{SEL}	-0.3V 至 ($V_{CC} + 0.3V$)
输出电压	
GATE	-0.3V 至 15V
READY	-0.3V 至 9V
工作温度范围	
LTC4213C	0°C 至 70°C
LTC4213I	-40°C 至 85°C
贮存温度范围	-65°C 至 150°C
引脚温度 (焊接时间 10 秒)	300°C

封装/订购信息

<p>TOP VIEW</p> <p>8-LEAD (3mm × 2mm) PLASTIC DFN</p> <p>$T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 250^{\circ}C/W$</p> <p>EXPOSED PAD (PIN 9)</p> <p>PCB CONNECTION OPTIONAL</p>	产品型号
	LTC4213CDDDB LTC4213IDDB
	DDB 器件标记*
	LBHV

对于规定工作温度范围更宽的器件, 请咨询凌特公司。
* 温度等级标识见集装箱上的标签。

电特性 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围, 否则仅指 $T_A = 25^{\circ}C$ 。 $V_{CC} = 5V$, $I_{SEL} = 0$, 除非特别说明。(注 2)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_{CC}	偏置电源电压		● 2.3		6	V	
V_{SENSEP}	SENSEP 电压		● 0		6	V	
I_{CC}	V_{CC} 电源电流		●	1.6	3	mA	
$V_{CC(UVLR)}$	V_{CC} 欠压闭锁释放	V_{CC} 上升	● 1.8	2.07	2.23	V	
$\Delta V_{CC(UVHYST)}$	V_{CC} 欠压闭锁迟滞		● 30	100	160	mV	
I_{SENSEP}	SENSEP 输入电流	$V_{SENSEP} = V_{SENSEN} = 5V$, 正常模式		15	40	80	μA
		$V_{SENSEP} = V_{SENSEN} = 0$, 正常模式			-1	± 15	μA
I_{SENSEN}	SENSEN 输入电流	$V_{SENSEP} = V_{SENSEN} = 5V$, 正常模式		15	40	80	μA
		$V_{SENSEP} = V_{SENSEN} = 0$, 正常模式			-1	± 15	μA
		$V_{SENSEP} = V_{SENSEN} = 5V$, 复位模式或故障模式		50	280		μA
V_{CB}	电路断路器跳变电压 $V_{CB} = V_{SENSEP} - V_{SENSEN}$	$I_{SEL} = 0$, $V_{SENSEP} = V_{CC}$	● 22.5	25	27.5	mV	
		$I_{SEL} = \text{浮置}$, $V_{SENSEP} = V_{CC}$	● 45	50	55	mV	
		$I_{SEL} = V_{CC}$, $V_{SENSEP} = V_{CC}$	● 90	100	110	mV	
$V_{CB(FAST)}$	快速电路断路器跳变电压 $V_{CB(FAST)} = V_{SENSEP} - V_{SENSEN}$	$I_{SEL} = 0$, $V_{SENSEP} = V_{CC}$	● 63	100	115	mV	
		$I_{SEL} = \text{浮置}$, $V_{SENSEP} = V_{CC}$	● 126	175	200	mV	
		$I_{SEL} = V_{CC}$, $V_{SENSEP} = V_{CC}$	● 252	325	371	mV	
$I_{GATE(UP)}$	GATE 引脚上拉电流	$V_{GATE} = 0V$	● -50	-100	-150	μA	
$I_{GATE(DN)}$	GATE 引脚下拉电流	$\Delta V_{SENSEP} - V_{SENSEN} = 200mV$, $V_{GATE} = 8V$	● 10	40		mA	
ΔV_{GSMAX}	外部 N 沟道栅极驱动	$V_{SENSEN} = 0$, $V_{CC} \approx 2.97V$, $I_{GATE} = -1\mu A$	● 4.8	6.5	8	V	
		$V_{SENSEN} = 0$, $V_{CC} = 2.3V$, $I_{GATE} = -1\mu A$	● 2.65	4.3	8	V	
ΔV_{GSARM}	用于使电路断路器进入待命状态的 V_{GS} 电压	$V_{SENSEN} = 0$, $V_{CC} \approx 2.97V$	● 4.4	5.4	7.6	V	
		$V_{SENSEN} = 0$, $V_{CC} = 2.3V$	● 2.5	3.5	7	V	

电特性 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{CC} = 5\text{V}$ ， $I_{SEL} = 0$ ，除非特别注明。
(注 2)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$\Delta V_{GSMAX} - \Delta V_{GSARM}$	ΔV_{GSMAX} 与 ΔV_{GSARM} 之差	$V_{SENSE} = 0$ ， $V_{CC} \geq 2.97\text{V}$ $V_{SENSE} = 0$ ， $V_{CC} = 2.3\text{V}$	●	0.3	1.1	V	
			●	0.15	0.8	V	
$V_{READY(OL)}$	READY 引脚输出低电压	$I_{READY} = 1.6\text{mA}$ ，下拉器件接通	●	0.2	0.4	V	
$I_{READY(LEAK)}$	READY 引脚漏电流	$V_{READY} = 5\text{V}$ ，下拉器件关断	●	0	± 1	μA	
$V_{ON(TH)}$	ON 引脚高门限	ON 引脚电压上升，GATE 上拉	●	0.76	0.8	0.84	V
$\Delta V_{ON(HYST)}$	ON 引脚迟滞	ON 引脚电压下降，GATE 下拉		10	40	90	mV
$V_{ON(RST)}$	ON 引脚复位门限	ON 引脚电压下降，故障复位，GATE 下拉	●	0.36	0.4	0.44	V
$I_{ON(IN)}$	ON 引脚输入电流	$V_{ON} = 1.2\text{V}$	●	0	± 1	μA	
ΔV_{OV}	过压门限 $\Delta V_{OV} = V_{SENSEP} - V_{CC}$		●	0.41	0.7	1.1	V
t_{OV}	过压保护跳变时间	$V_{SENSEP} = V_{SENSE} =$ 步进 5V 至 6.2V		25	65	160	μs
$t_{FAULT(SLOW)}$	V_{CB} 跳变至 GATE 放电	ΔV_{SENSE} 步进 0mV 至 50mV， V_{SENSE} 下降， $V_{CC} = V_{SENSEP} = 5\text{V}$	●	7	16	27	μs
$t_{FAULT(FAST)}$	$V_{CB(FAST)}$ 跳变至 GATE 放电	ΔV_{SENSE} 步进 0V 至 0.3V， V_{SENSE} 下降， $V_{SENSEP} = 5\text{V}$	●	1	2.5	μs	
$t_{DEBOUNCE}$	启动防反跳时间	$V_{ON} = 0\text{V}$ 至 2V 步进至 GATE 上升， (退出复位模式)		27	60	130	μs
t_{READY}	READY 延时	$V_{GATE} = 0\text{V}$ 至 8V 步进至 READY 上升， $V_{SENSEP} = V_{SENSE} = 0$		22	50	115	μs
t_{OFF}	关断时间	$V_{ON} = 2\text{V}$ 至 0.6V 步进至 GATE 放电		1.5	5	10	μs
t_{ON}	接通时间	$V_{ON} = 0.6\text{V}$ 至 2V 步进至 GATE 上升， (正常模式)		4	8	16	μs
t_{RESET}	复位时间	V_{ON} 步进 2V 至 0V		20	80	150	μs

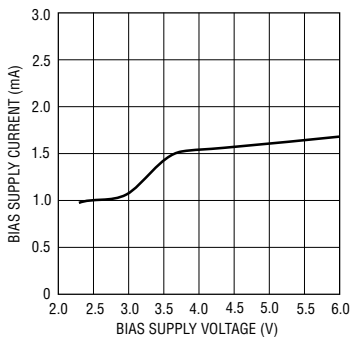
注 1：绝对最大额定值是指超出该值则器件的耐用性可能会受损。

注 2：所有流入器件的电流均为正；所有流出器件的电流均为负。所有的电压均以地为基准，除非特别注明。

LTC4213

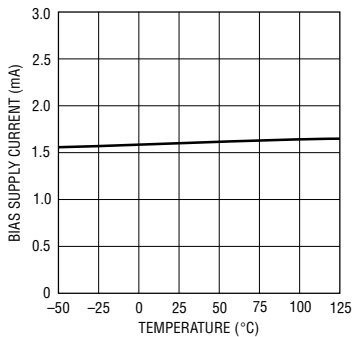
典型性能特征 在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 条件下的规格。 $V_{CC} = 5\text{V}$ ，除非特别注明。

I_{CC} 与 V_{CC} 的关系曲线



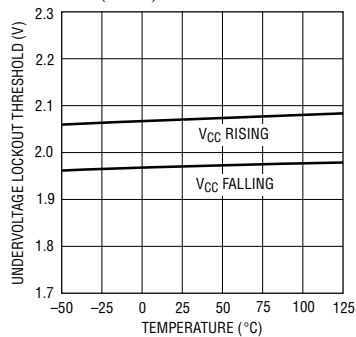
4213 G01

I_{CC} 与温度的关系曲线



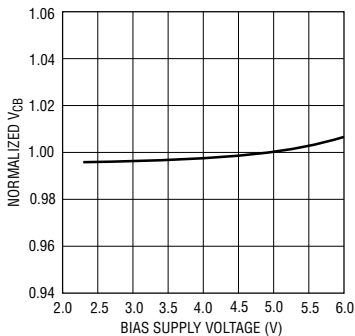
4213 G02

$V_{CC(UVLR)}$ 与温度的关系曲线



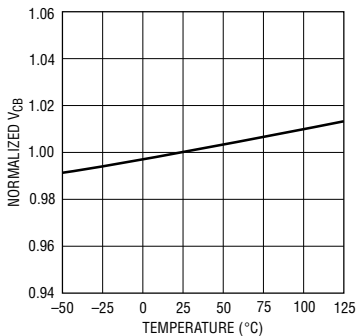
4213 G03

归一化 V_{CB} 与 V_{CC} 的关系曲线



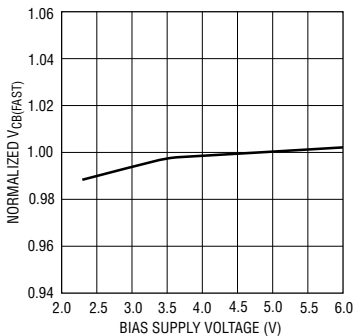
4213 G04

归一化 V_{CB} 与温度的关系曲线



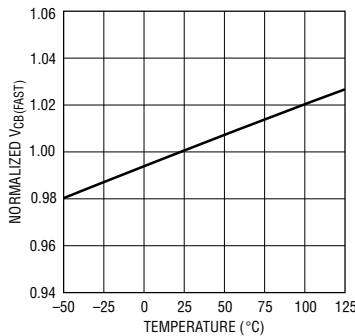
4213 G05

归一化 $V_{CB(FAST)}$ 与 V_{CC} 的关系曲线



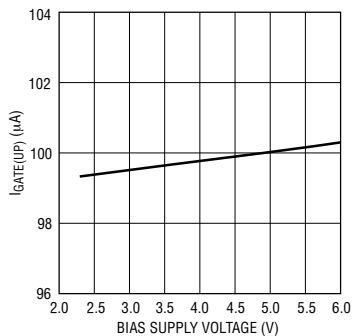
4213 G06

归一化 $V_{CB(FAST)}$ 与温度的关系曲线



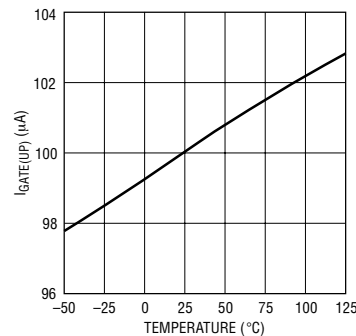
4213 G07

$I_{GATE(UP)}$ 与 V_{CC} 的关系曲线



4213 G08

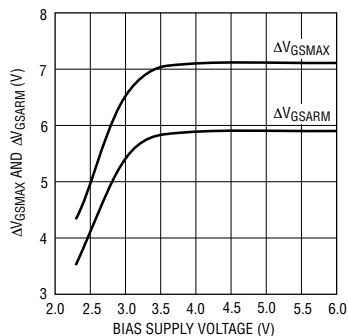
$I_{GATE(UP)}$ 与温度的关系曲线



4213 G09

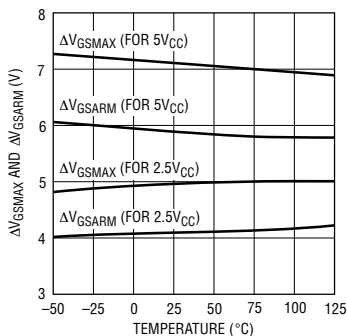
典型性能特征 在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 条件下的规格。 $V_{CC} = 5\text{V}$ ，除非特别注明。

$\Delta V_{GS\text{MAX}}$ 和 $\Delta V_{GS\text{ARM}}$ 与 V_{CC} 的关系曲线



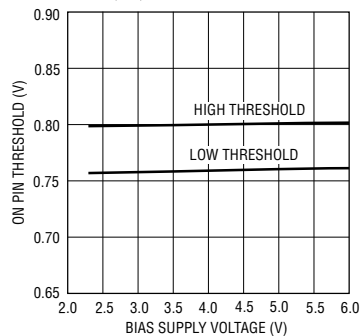
4213 G10

$\Delta V_{GS\text{MAX}}$ 和 $\Delta V_{GS\text{ARM}}$ 与温度的关系曲线



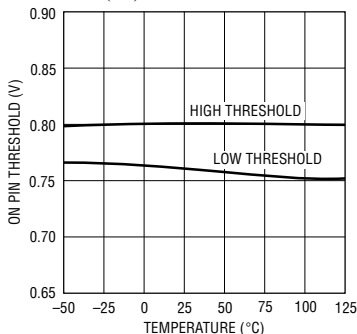
4213 G11

$V_{ON(\text{TH})}$ 与 V_{CC} 的关系曲线



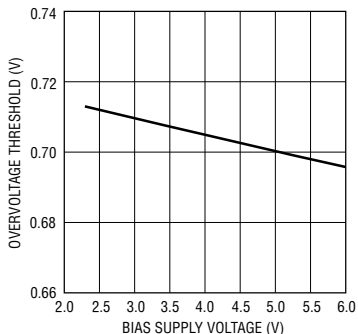
4213 G12

$V_{ON(\text{TH})}$ 与温度的关系曲线



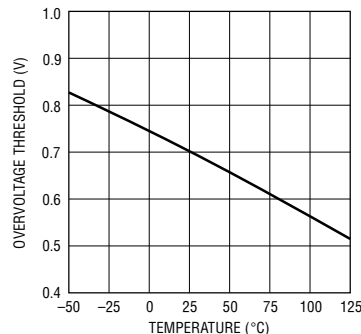
4213 G13

ΔV_{OV} 与 V_{CC} 的关系曲线



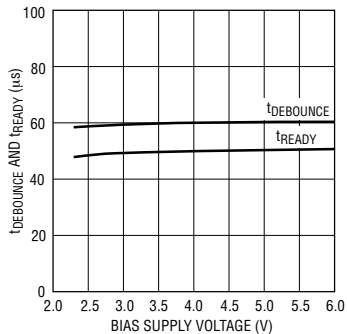
4213 G14

ΔV_{OV} 与温度的关系曲线



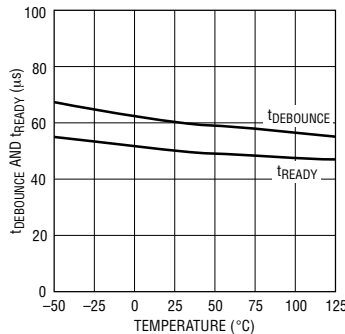
4213 G15

t_{DEBOUNCE} 和 t_{READY} 与 V_{CC} 的关系曲线



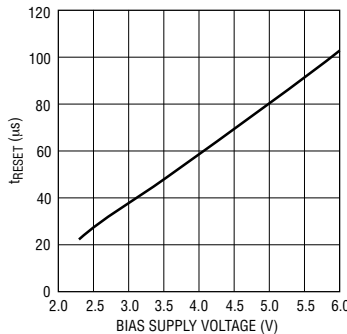
4213 G16

t_{DEBOUNCE} 和 t_{READY} 与温度的关系曲线



4213 G17

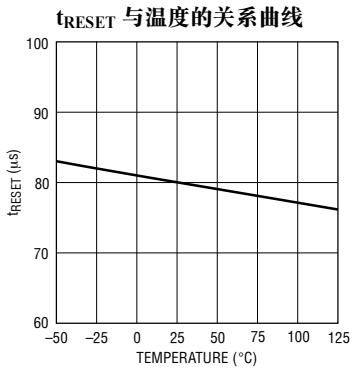
t_{RESET} 与 V_{CC} 的关系曲线



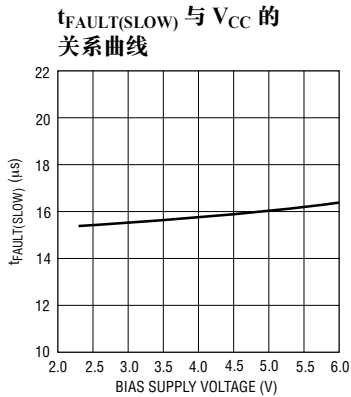
4213 G18

LTC4213

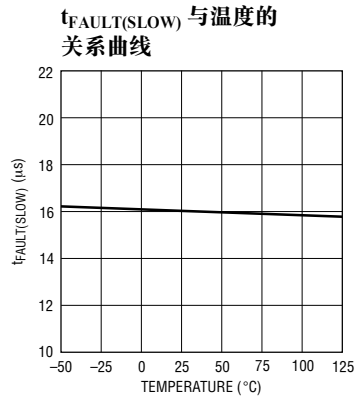
典型性能特征 在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 条件下的规格。 $V_{CC} = 5\text{V}$ ，除非特别注明。



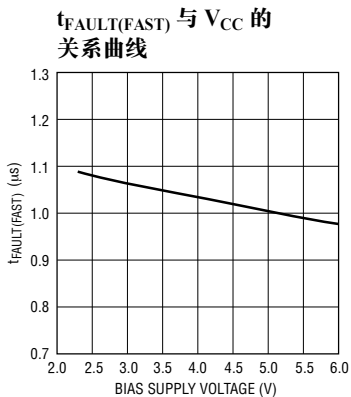
4213 G19



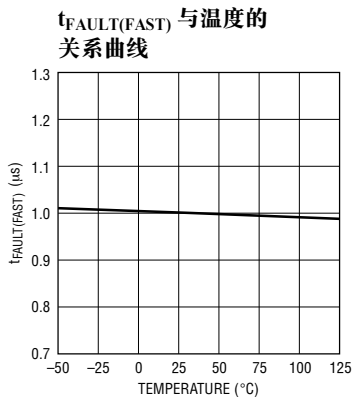
4213 G20



4213 G21



4213 G22



4213 G23

引脚功能

READY (引脚 1) : READY 状态输出。该引脚是在外部 MOSFET 接通且电路断路器处于待命状态时走高的漏极开路输出。在其他场合该引脚将被拉至低电平。

ON (引脚 2) : 接通控制输入。当 ON 引脚电压低于 0.4V 时，LTC4213 处于复位模式。当 ON 引脚电压升至 0.8V 以上时，器件启动并利用一个 100 μ A 电流源对 GATE 引脚进行上拉操作。当 ON 引脚电压降至 0.76V 以下时，GATE 引脚电压被拉低。如欲使一个电路断路器故障复位，则 ON 引脚电压必须走至 0.4V 以下。

I_{SEL} (引脚 3) : 门限选择输入。当 I_{SEL} 引脚接地、浮置或与 V_{CC} 相连时，V_{CB} 分别被设定为 25mV、50mV 或 100mV。对应的 V_{CB(FAST)} 数值为 100mV、175mV 和 325mV。

GND (引脚 4) : 器件的地。

GATE (引脚 5) : GATE 驱动输出。一个内部充电泵向外部 N 沟道 MOSFET 的栅极提供 100 μ A 的上拉电

流。内部电流将 GATE 和 SENSEN 引脚之间的电压限制在一个低于 8V 的安全栅极驱动电压上。当电路断路器跳变时，GATE 引脚被突然拉至 GND。

SENSEN (引脚 6) : 电路断路器负检测输入。将该引脚连接至外部 MOSFET 的源极。在复位或故障模式中，SENSEN 引脚利用 280 μ A 电流将输出放电至地电位。

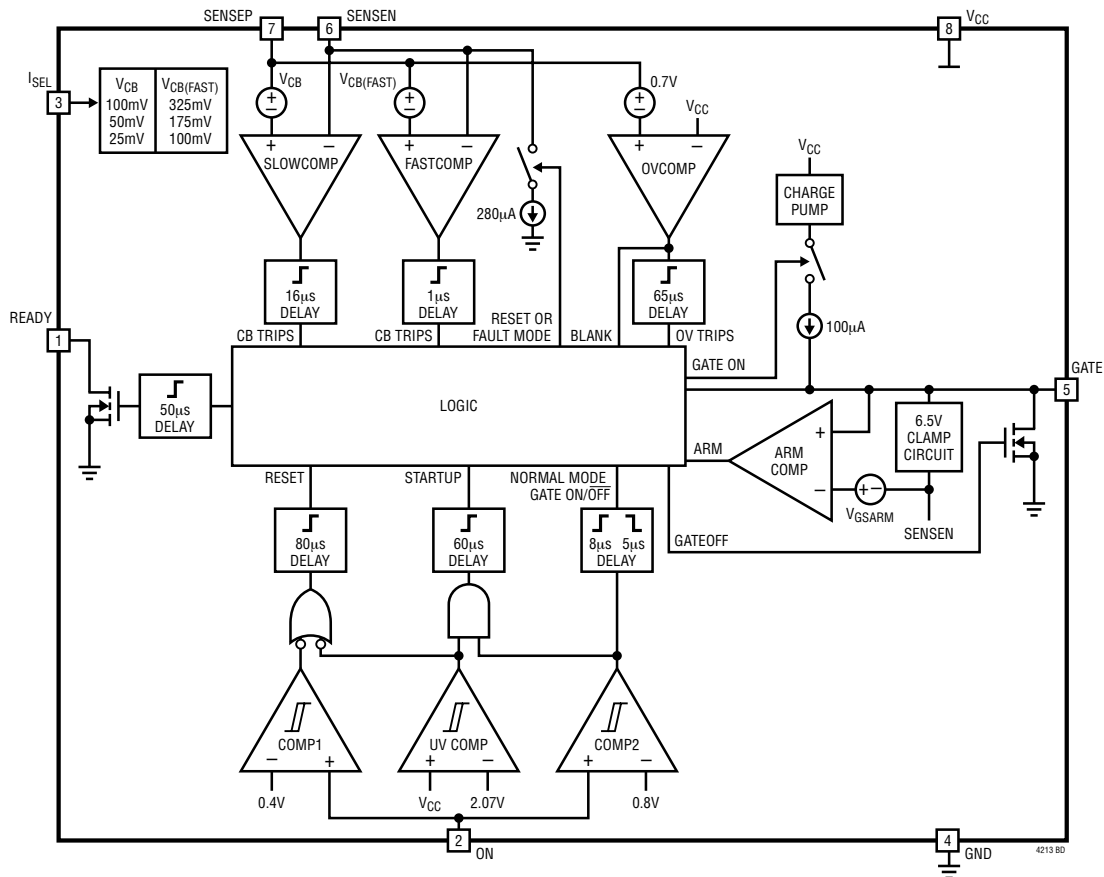
SENSEP (引脚 7) : 电路断路器正检测输入。将该引脚连接至外部 N 沟道 MOSFET 的漏极。当 SENSEP 和 SENSEN 两端的电压超过 V_{CB} 时，电路断路器跳变。当 V_{CC} < 2.5V 时，电路断路器的输入共模范围为地电位至 V_{CC} + 0.2V。当 V_{CC} \geq 2.5V 时，输入共模范围为地电位至 V_{CC} + 0.4V。

V_{CC} (引脚 8) : 偏置电源电压输入。正常工作电压范围为 2.3V 至 6V。当 V_{CC} < 2.07V 时，一个内部欠压闭锁电路使器件失效。

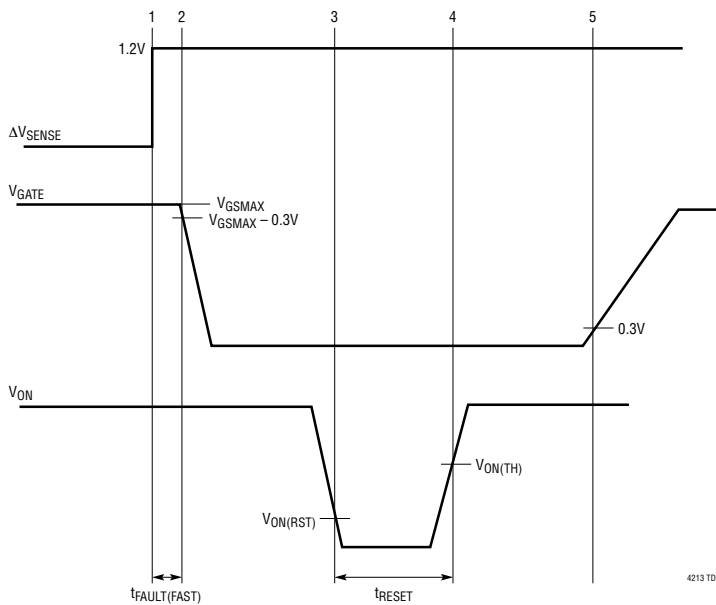
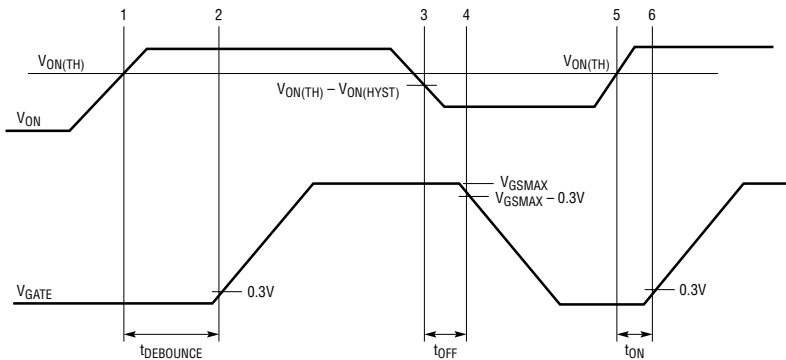
裸露衬垫 (引脚 9) : 可以把裸露衬垫置于开路状态或连接至器件的地。

LTC4213

方框图



时序图



4213 TD

LTC4213

工作原理

概述

LTC4213 是一款利用外部 MOSFET 的 R_{DSON} (而不是一个外部检测电阻器) 来检测负载电流的电子电路断路器 (ECB)。由于 R_{DSON} 变化的缘故, 因而与采用检测电阻器 (R_{SENSE}) 的方法相比, 这种无 R_{SENSE} 方法的精确度要低一些。然而, 正是由于没有检测电阻器, 因此它具有复杂度和成本较低、且开关通路中的电压和功耗较少的优点。因为没有外部检测电阻器压降, 所以可以使 V_{OUT} 得到相当显著的改善 (在低电压应用中尤其如此)。LTC4213 是专为在一个 2.3V 至 6V 的偏置电源电压范围内工作而设计的。当偏置电源电压和 ON 引脚电压足够高时, GATE 引脚将在一个 $60\mu s$ 的内部防反跳延迟之后启动充电操作。在 GATE 引脚电压斜坡上升期间, 电路断路器不处于待命状态, 直到外部 MOSFET 完全导通为止。一旦电路断路器进入待命状态, LTC4213 将利用外部 MOSFET 的 R_{DSON} 来监视负载电流。

电路断路器功能

LTC4213 提供了用于过流保护的双级和双响应时间电路断路器功能。

LTC4213 电路断路器功能部件包括两个比较器, 即 SLOWCOMP 和 FASTCOMP。SLOWCOMP 和

FASTCOMP 的门限为 V_{CB} 和 $V_{CB(FAST)}$ 。 I_{SEL} 引脚可在下面三种设置当中进行选择:

1. $V_{CB} = 25mV$ 且 $V_{CB(FAST)} = 100mV$ (I_{SEL} 引脚电压处于地电位)
2. $V_{CB} = 50mV$ 且 $V_{CB(FAST)} = 175mV$ (I_{SEL} 引脚浮置)
3. $V_{CB} = 100mV$ 且 $V_{CB(FAST)} = 325mV$ (I_{SEL} 引脚电压处于 V_{CC})

可以使 I_{SEL} 引脚动态步进, 例如: 在启动时提供一个较高的电路断路器门限, 而在电源电流稳定下来之后则提供一个较低的门限。比较器的输入端为 SENSEP 和 SENSEN 引脚。外部 MOSFET 的漏极和源极两端的电压在 SENSEP 和 SENSEN 引脚上进行检测。

$$\Delta V_{SENSE} = V_{SENSEP} - V_{SENSEN} \quad (1)$$

当 ΔV_{SENSE} 高于 V_{CB} 门限但低于 $V_{CB(FAST)}$ 时, 比较器 SLOWCOMP 将在一个 $16\mu s$ 延迟之后使电路断路器跳变。如果 ΔV_{SENSE} 高于 $V_{CB(FAST)}$, 则比较器 FASTCOMP 将在 $1\mu s$ 时间里使电路断路器跳变。

严重的短路条件会使负载电源电压产生实质性的下降。这不会给 LTC4213 带来任何问题, 原因是电流限值比较器的输入级为至地共模。

应用信息

图 1 示出了一个电子电路断路器 (ECB) 应用。一个外部辅助电源负责给 V_{CC} 引脚和内部电路施加偏压。一个 V_{IN} 负载电源通过一个外部 MOSFET 向负

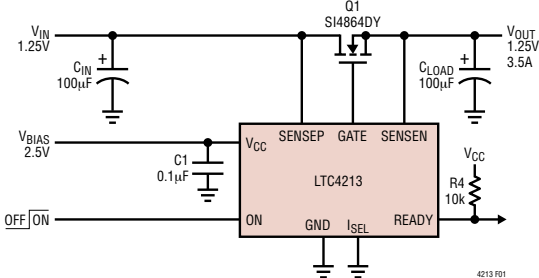


图 1: LTC4213 电子电路断路器应用

载供电。SENSEP 和 SENSEN 引脚负责检测外部 MOSFET 的漏极和源极上的负载电流。在 ECB 应用中, 为了实现最佳的瞬态性能, 通常建议采用大输入旁路电容器。

欠压闭锁

如果 V_{CC} 电源电压过低而不能满足正常操作的要求, 则内部欠压闭锁 (UVLO) 电路将使 LTC4213 复位。UVLO 比较器 (UVCOMP) 具有一个 2.07V 的最低高转换门限和 100mV 迟滞。UVLO 和 ON 引脚比较器共用用于低至高转换 (启动) 和高至低转换 (复位) 的干扰滤波器。如果 ON 引脚条件得到满足, 则

应用信息

LTC4213 将在高于 2.07V 偏置电源电压的条件下起电。短暂、小幅的总线偏置电源电压瞬时下降(降至 1.97V 以下达 80 μ s) 将被忽略不计。

接通功能

当 V_{ON} 低于比较器 COMP1 的 0.4V 门限达 80 μ s 时, 器件复位。如果 ON 引脚的电压升至比较器 COMP2 的 0.8V 门限以上且满足 UVLO 条件, 则系统将退出复位模式。退出复位模式后, GATE 引脚将在一个 60 μ s 的 $t_{DEBOUNCE}$ 延迟之后启动。当 ON 引脚电压走至 0.76V 以下时, GATE 引脚将在一个 5 μ s 的干扰滤波器延迟之后关断。当 V_{ON} 处于 0.4V 和 0.8V 之间时, 由外部负载对输出进行放电。在该状态下, 如果 V_{ON} 超过 0.8V 的持续时间达到 8 μ s 以上, 则 ON 引脚可重新使能 GATE 引脚。另一方面, 如果 ON 引脚被拉至 0.4V 以下的持续时间达到 80 μ s, 则器件复位。一旦复位, GATE 引脚将只在 V_{ON} 升至 0.8V 以上并经过了一个 60 μ s 的 $t_{DEBOUNCE}$ 延迟之后重新启动。为了防止 ON 引脚因为电源电压瞬变的缘故而承受过压应力, 建议在 ON 引脚与电源直接相连的场合布设一个阻值大于 10k 的串联电阻器。ON 引脚上的一个外部阻性分压器可与 COMP2 一道被用来设定一个高于内部 UVLO 电路的电源欠压闭锁值。可在 ON 引脚上实现一个 RC 滤波器, 以把上电延时增加至超过 60 μ s 的内部延迟。

GATE 功能

GATE 引脚在复位模式中保持低电平。在退出复位模式之后 60 μ s, 由一个内部 100 μ A 电流源来对 GATE 引脚进行充电。当 $V_{GATE} > V_{SENSE} + \Delta V_{GSARM}$ 时, 电路断路器处于待命状态。在正常模式操作中, 在内部将 GATE 峰值电压箝位于比 SENSEN 引脚电压高 ΔV_{GSMAX} 的数值上。当电路断路器跳变时, 一个内部 MOSFET 将 GATE 引脚短路至 GND, 从而关断外部 MOSFET。

READY 状态

在复位和启动期间 READY 引脚被保持低电平。在电路断路器进入待命状态之后 50 μ s, 由一个外部上拉电阻器把该引脚拉至高电平。如果电路断路器

跳变、或 ON 引脚电压被拉至 0.76V 以下、或 V_{CC} 降至欠压闭锁门限以下, 则 READY 引脚被拉至低电平。

ΔV_{GSARM} 和 V_{GSMAX}

每个 MOSFET 都具有一个推荐的 V_{GS} 驱动电压, 在该驱动电压条件下, 通道被认为得到了全面强化且 $R_{DS(ON)}$ 实现了最小化。驱动至该推荐的 V_{GS} 电压以上将使 $R_{DS(ON)}$ 的裕度有所减小。在启动时, 栅极电压始自地电位。GATE 电压斜坡上升超过 MOSFET 门限后, 负载电流开始流动。当 V_{GS} 超过 ΔV_{GSARM} 时, 电路断路器进入待命状态并被使能。选定的 MOSFET 应具有一个低于 ΔV_{GSARM} 的推荐最小 V_{GS} 驱动电平。最后, V_{GS} 达到一个 ΔV_{GSMAX} 的最大值。

跳变和复位电路断路器

图 2 示出了一个故障条件之后的 V_{GATE} 和 V_{READY} 时序图。可通过使 V_{CC} 偏置电源电压在 UVLO 门限以下循环或将 ON 引脚电压拉至 0.4V 以下(并持续超过 t_{RESET} 的时间) 来使发生跳变的电路断路器复位。图 3 示出了采用 ON 引脚来使跳变电路断路器复位的时序图。

计算电流限值

故障电流限值由 MOSFET 的 $R_{DS(ON)}$ 和电路断路器电压 V_{CB} 来决定:

$$I_{LIMIT} = \frac{V_{CB}}{R_{DS(ON)}} \quad (2)$$

$R_{DS(ON)}$ 值取决于制造商的布线、 V_{GS} 和结温。强烈建议在 MOSFET 的漏极和源极与 LTC4213 的 SENSEP 和 SENSEN 引脚之间采用简短的开尔文 (Kelvin) 检测连接。

对于一个选定的 MOSFET, 标称负载限制电流由下式给出:

$$I_{LIMIT(NOM)} = \frac{V_{CB(NOM)}}{R_{DS(ON)(NOM)}} \quad (3)$$

应用信息

最小负载限制电流由下式得出：

$$I_{LIMIT(MIN)} = \frac{V_{CB(MIN)}}{R_{DSON(MAX)}} \quad (4)$$

最大负载限制电流由下式求出：

$$I_{LIMIT(MAX)} = \frac{V_{CB(MAX)}}{R_{DSON(MIN)}} \quad (5)$$

许多 MOSFET 数据表所提供的 R_{DSON} 规格只有典型值和最大值，而没有最小值。假设一个以典型值为平均值的正常分布，可用下式来估算最小值：

$$R_{DSON(MIN)} = 2 \cdot R_{DSON(NOM)} - R_{DSON(MAX)} \quad (6)$$

LTC4213 可为 R_{DSON} 提供高于制造商规定值的栅极驱动电压。这将产生一个比规定值略低的 R_{DSON} 。工作温度的变化也会对 R_{DSON} 值产生影响。

电流限值计算实例

在一个 5V 电源系统和 LTC4213 $V_{CB} = 25mV$ (I_{SEL} 引脚接地) 中，采用一个 Si4410DY 来进行电流检测。

Si4410DY 的 R_{DSON} 分布为：

典型 $R_{DSON} = 0.015\Omega = 100\%$

最大 $R_{DSON} = 0.02\Omega = 133.3\%$

估算的最小 $R_{DSON} = 2 \cdot 15 - 20 = 0.010\Omega = 66.7\%$

由于栅极驱动电压所导致的 R_{DSON} 变化为：

$R_{DSON} @ 4.5V_{GS} = 0.015\Omega = 100\%$ (规格中的典型值)

$R_{DSON} @ 4.8V_{GS} = 0.014\Omega = 93\%$ (最小 $\Delta V_{GS(MAX)}$)

$R_{DSON} @ 7V_{GS} = 0.0123\Omega = 82\%$ (标称 $\Delta V_{GS(MAX)}$)

$R_{DSON} @ 8V_{GS} = 0.012\Omega = 80\%$ (最大 $\Delta V_{GS(MAX)}$)

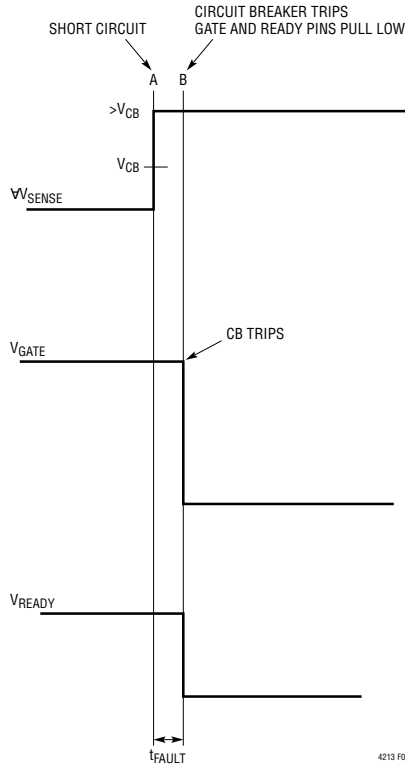


图 2：短路故障时序图

应用信息

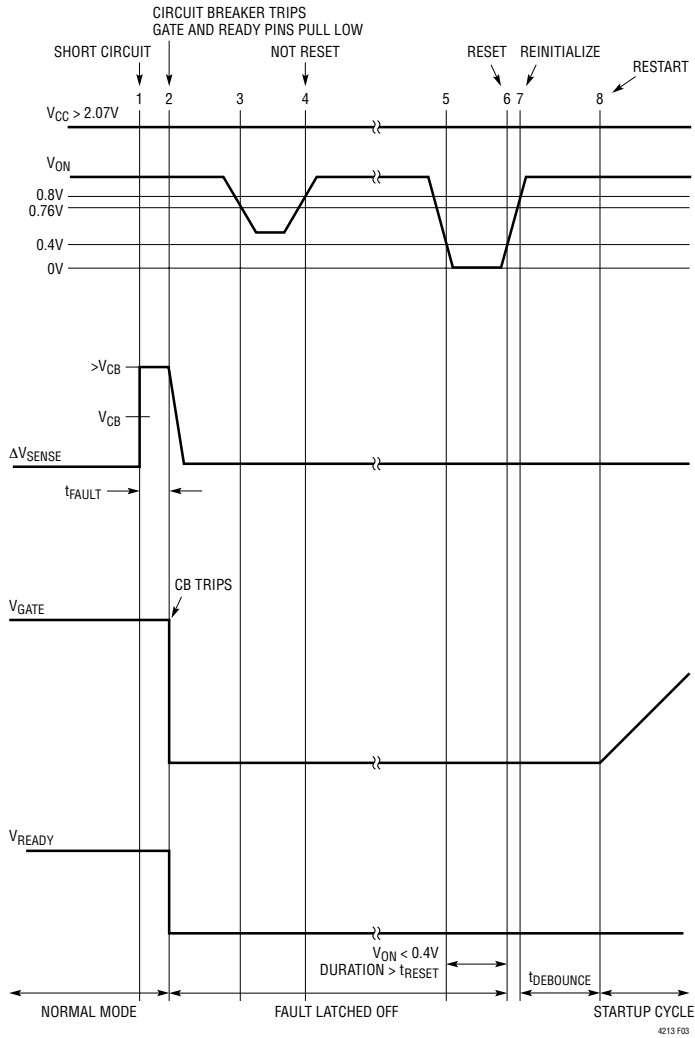


图 3：故障复位时序图

应用信息

工作温度范围为 0°C 至 70°C。

$$R_{\text{DSON}} @ 25^{\circ}\text{C} = 100\%$$

$$R_{\text{DSON}} @ 0^{\circ}\text{C} = 90\%$$

$$R_{\text{DSON}} @ 70^{\circ}\text{C} = 120\%$$

MOSFET 电阻变化：

$$R_{\text{DSON(NOM)}} = 15\text{m} \cdot 0.82 = 12.3\text{m}\Omega$$

$$R_{\text{DSON(MAX)}} = 15\text{m} \cdot 1.333 \cdot 0.93 \cdot 1.2 = 15\text{m} \cdot 1.488 = 22.3\text{m}\Omega$$

$$R_{\text{DSON(MIN)}} = 15\text{m} \cdot 0.667 \cdot 0.80 \cdot 0.90 = 15\text{m} \cdot 0.480 = 7.2\text{m}\Omega$$

V_{CB} 变化：

$$\text{NOM } V_{\text{CB}} = 25\text{mV} = 100\%$$

$$\text{MIN } V_{\text{CB}} = 22.5\text{mV} = 90\%$$

$$\text{MAX } V_{\text{CB}} = 27.5\text{mV} = 110\%$$

电流限值为：

$$I_{\text{LIMIT(NOM)}} = 25\text{mV}/12.3\text{m}\Omega = 2.03\text{A}$$

$$I_{\text{LIMIT(MIN)}} = 22.5\text{mV}/22.3\text{m}\Omega = 1.01\text{A}$$

$$I_{\text{LIMIT(MAX)}} = 27.5\text{mV}/7.2\text{m}\Omega = 3.82\text{A}$$

为了进行正确的操作，最小电流限值必须超过电路的最大工作负载电流，并具有一定的裕度。因此，该电路适合于高达 1A 的工作负载电流。根据这一计算结果，假设最大工作负载电流大约是 $I_{\text{LIMIT(NOM)}}$ 的一半，我们便能够从 MOSFET R_{DSON} 的通用规则开始。(7) 式给出了经验法则。

$$I_{\text{OPMAX}} = \frac{V_{\text{CB}}(\text{NOM})}{2 \cdot R_{\text{DSON}}(\text{NOM})} \quad (7)$$

请注意， $R_{\text{DSON}}(\text{NOM})$ 指的是在 LTC4213 标称工作 ΔV_{GSMAX} 条件下的数值（而不是供应商提供的典型规格）。表 1 列出了不同工作 V_{CC} 条件下的标称工作 ΔV_{GSMAX} 。根据该表，用户就能够查阅 MOSFET 的数据表，以获取 $R_{\text{DSON}}(\text{NOM})$ 值。

表 1：针对典型偏置电源电压的标称工作 ΔV_{GSMAX}

$V_{\text{CC}}(\text{V})$	$\Delta V_{\text{GSMAX}}(\text{V})$
2.3	4.3
2.5	5.0
2.7	5.6
3.0	6.5
3.3	7.0
5.0	7.0
6.0	7.0

电路断路器进入待命状态之后的负载电源上电

图 4 示出了一种针对图 1 所示电路的标准上电序列，在该序列中， V_{IN} 负载电源在电路断路器进入待命状态之后上电。 V_{CC} 首先由一个辅助偏置电源来上电。 V_{CC} 在时点 1 升至 2.07V 以上。 V_{ON} 在时点 2 超过 0.8V。在一个 60 μs 的防反跳延迟之后，GATE 引脚在时点 3 开始斜坡上升。外部 MOSFET 在时点 4 开始导通。在时点 5， V_{GATE} 超过 ΔV_{GSMAX} ，电路断路器进入待命状态。50 μs (t_{READY} 延迟) 之后，由一个外部电阻器在时点 6 将 READY 引脚拉至高电平。READY 引脚向 V_{IN} 负载电源模块发出指示信号，以起动其斜坡上升。负载电源在时点 7 开始软起动斜坡上升。负载电源斜坡速率必须很慢，以防止电路断路器跳变，如 (8) 式所示：

$$\frac{\Delta V_{\text{IN}}}{\Delta t} < \frac{I_{\text{OPMAX}} - I_{\text{LOAD}}}{C_{\text{LOAD}}} \quad (8)$$

式中的 I_{OPMAX} 是由 (7) 式所规定的最大工作电流。

就本实例而言，在标称工作 ΔV_{GSMAX} 条件下， $V_{\text{CB}} = 25\text{mV}$ 且 $R_{\text{DSON}} = 3.5\text{m}\Omega$ 。最大工作电流为 3.5A（参阅 (7) 式）。假定负载在上电时能够吸收 2A 的电流，可为 100 μF 的 C_{LOAD} 提供 1.5A 的裕度，而且， V_{IN} 斜坡速率应 $< 15\text{V/ms}$ 。在时点 8，流过 MOSFET 的电流将在 C_{LOAD} 满充电之后减小。

应用信息

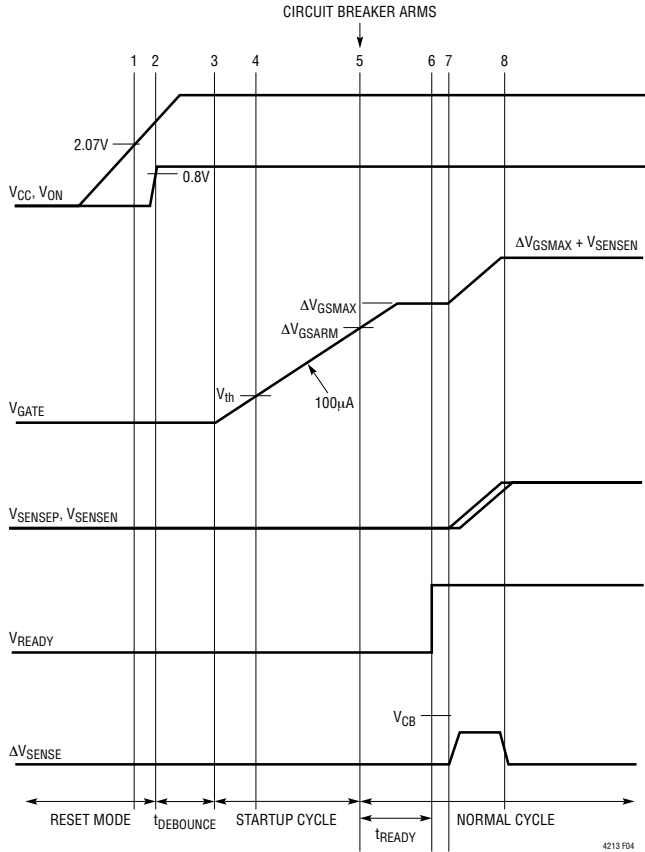


图 4：电路断路器进入待命状态之后的负载电源上电

典型应用

V_{CC} 之前的负载电源上电

回顾图1 我们发现，V_{IN} 负载电源也可以在 V_{CC} 之前上电。图5 示出了 V_{IN} 负载电源一开始就处于运行状态时的时序图。一个内部电路负责确保 GATE 引脚被维持于低电平。在时点1，V_{CC} 突破 UVLO，而在时点2，ON 引脚电压超过 0.8V。60μs 之后(时点3)，利用100μA 电流来使 GATE 引脚电压斜坡上升。在时点4，GATE 引脚电压达到外部 MOSFET 门限 V_{TH}，而且 V_{OUT} 开始斜坡上升。在时点5，V_{SENSE} 接近其峰值。在时点6，电路断路器进入待命状态，而且，如果 ΔV_{SENSE} > V_{CB}，则电路断路器可能发生

跳变。在时点7，GATE 电压达到峰值。在时点6 之后 50μs，READY 引脚电压走高。

启动问题

对于图5 所示的负载电源在 V_{CC} 之前上电的上电序列，在输出充电期间不进行电流限值监视。这是因为 GATE 电压低于 ΔV_{GSARM}，而且 MOSFET 有可能达不到规定的 R_{DS(ON)}。V_{IN} 负载电源应具有对输出充电过程中的涌入电流进行处理的足够能力。为了实现正确的启动，时点6 的最终负载应处于电路断路器限值范围之内。否则，系统将无法启动，而

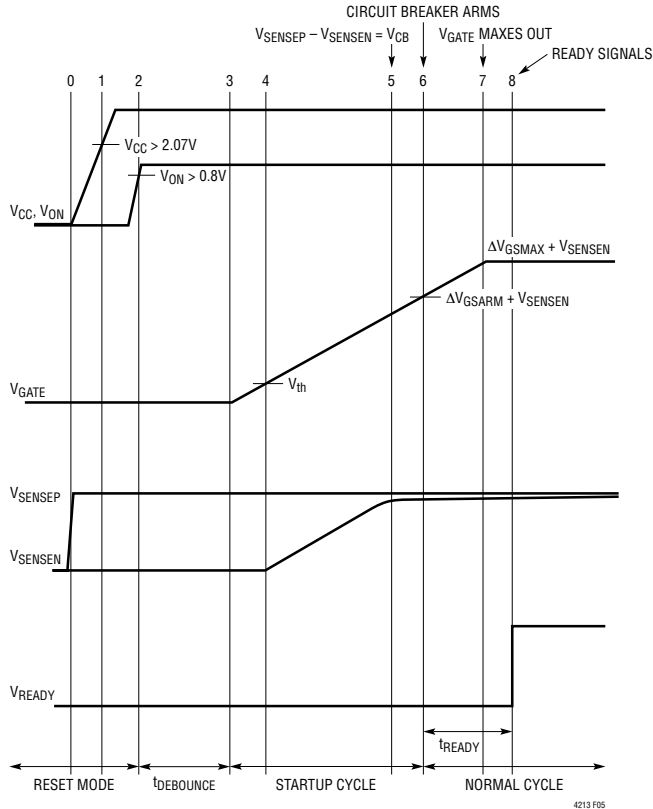


图5：V_{CC} 之前的负载电源上电

应用信息

且电路断路器会在进入待命状态之后立即发生跳变。在大多数应用中都不需要额外的外部栅极电容，除非 C_{LOAD} 很大且启动出现问题。如果采用了一个外部栅极电容器，则其电容不应过大，除非它与一个串联电阻器一道使用。这是因为一个不带电阻器的大栅极电容器会在故障期间减缓 GATE 的关断速度。另一种替代方法可以由一个步进 I_{SEL} 引脚在启动期间提供一个较高的电流限值。

在发生输出短路或严重过载的情况下，由于负载电源电流限值的缘故，负载电源电压会在 GATE 引脚电压斜坡上升期间骤降。在允许电路断路器跳变的时点 6 之前，选定的 MOSFET 必须承受这种可能发生的短暂短路条件。试验台短路评估是对可靠设计的一种实际验证。为了在对处于短路条件下的 MOSFET 供电时具有电流限值，如上一节所述，优选方案是使负载电源序列在电路断路器进入待命状态之后接通。

断电周期

可通过将 ON 引脚变换至低电平来使系统断电。当 ON 引脚被拉至 0.76V 以下达 $5\mu s$ 时，GATE 引脚和 READY 引脚被拉至低电平。当 ON 引脚被拉至 0.4V 以下达 $80\mu s$ 时，系统将复位。

MOSFET 的选择

LTC4213 是专为在 V_{CC} 电位高于 2.97V 且 ΔV_{GSMAX} 超过 4.5V 的条件下与逻辑 (5V) 和低逻辑 (3V) MOSFET 一道使用而设计的。对于一个 2.3V 至 2.97V 的 V_{CC} 电源范围，由于最小 ΔV_{GSMAX} 小于 4.5V，故而应采用低逻辑 MOSFET。

选定的 MOSFET V_{GS} 绝对最大额定值应适合 LTC4213 的 8V 最大 ΔV_{GSMAX} 。

应考察诸如 V_{BDSS} 、 I_{DMAX} 和 $R_{DS(ON)}$ 等其他 MOSFET 选择标准。当选择 V_{BDSS} 时，应对高于最大工作电压的尖峰和振铃加以考虑。 I_{DMAX} 应大于电流限值。最大工作负载电流由 $R_{DS(ON)}$ 值来决定。详情请参见“计算电流限值”部分。

电源要求

LTC4213 可采用单电源或双电源系统来供电。负载电源与 SENSEP 引脚和外部 MOSFET 的漏极相连。在采用单电源的场合， V_{CC} 引脚被连接至负载电源 (最好带有一个 RC 滤波器)。当采用双电源时， V_{CC} 被连接至一个辅助偏置电源 V_{AUX} ，此时的 V_{AUX} 电压应高于或等于负载电源电压。负载电源电压必须能够提供超过电路断路器限值的电流。如果负载电源电流限值低于电路断路器跳变电流，则 LTC4213 有可能在发生输出过载时不做出反应。此外，在一个单电源系统中，如果负载电源具有折返电流限值，则输出过载有可能触发 UVLO。

V_{IN} 瞬变和过压保护

当 LTC4213 对过载做出响应时，常常会观察到输入瞬态尖峰。这些尖峰的幅度可能很大，尤其是在未布设大去耦电容器的热插拔环境中。可以采用一个具有足够额定电压和功率的瞬变抑制器来对这些短暂的尖峰进行限幅。此外，LTC4213 还能够检测出过压条件的延长。当 SENSEP 引脚电压超过 $V_{CC} + 0.7V$ 的持续时间超过 $65\mu s$ 时，LTC4213 的内部过压保护电路将启动，而且 GATE 引脚被拉至低电平，从而关断外部 MOSFET。

应用信息

针对一个单电源系统的典型电子熔断器应用

图 6 示出了一个单电源电子熔断器应用。 V_{IN} 引脚上的一个 RC 滤波器负责滤除瞬态尖峰。如果故障启动条件下的严重 V_{CC} 下降关系重大，则可以增设一个任意的肖特基二极管。如果负载电源电压高于 2.9V 且至 V_{CC} 引脚的总压降小于 0.4V，则允许采用肖特基二极管与 RC 滤波器的组合。LTC4213 的内部 UVLO 滤波器进一步抑制了持续时间短于 t_{RESET} 的偏置电源瞬变。在上电期间，确保 V_{CC} 在 ON 引脚使能系统（在 $V_{ON} = 0.8V$ 的条件下）之前完全确立是上佳的设计惯例。在该应用中， V_{CC} 电压在经过了一个约 $5.3 \cdot R_1 C_1$ 的延迟之后达到终值。此后，ON 引脚将在一个 $0.17 \cdot R_2 C_2$ 的延迟之后超过 0.8V。GATE 引脚在一个内部 $t_{DEBOUNCE}$ 延迟之后启动。

典型单电源热插拨 (Hot Swap™) 应用

图 7 示出了一种典型单电源热插拨应用。位

于背板上的 \overline{RESET} 信号最初被保持于低电平。当 PCB 的长边缘形成连接时，ON 引脚被保持于低电平 ($< 0.4V$) 且 LTC4213 被保持于复位模式。当 PCB 的短边缘形成连接时， V_{IN} 负载电源被连接至板卡。通过 RC 滤波器来给 V_{CC} 施加偏压。通过 R5 来对 V_{OUT} 进行预充电。为了实现成功的上电操作，R5 电阻器的阻值应足够小，以提供负载要求并压倒 $280\mu A$ 电流源（从而将电流吸收至 SENSEN 引脚中）。另一方面，R5 电阻器的阻值应足够大，以避免大涌入电流并防止出现大短路电流。当 \overline{RESET} 在背板上发出高电平指示信号时，ON 引脚上的电容器 C2 通过 R3/R2 阻性分压器来充电。当 ON 引脚电压超过 0.8V 时，GATE 引脚电压开始斜坡上升。当 GATE 电压达到峰值时，外部 MOSFET 完全导通且 V_{IN} 至 V_{OUT} 压降减小。在正常模式操作中，LTC4213 利用外部 MOSFET 的 R_{DSON} 来监视负载电流。

Hot Swap 是凌特公司的商标。

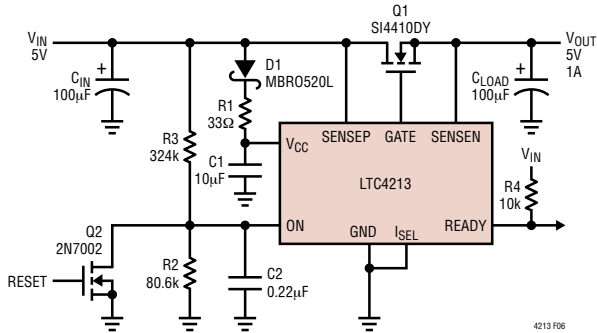
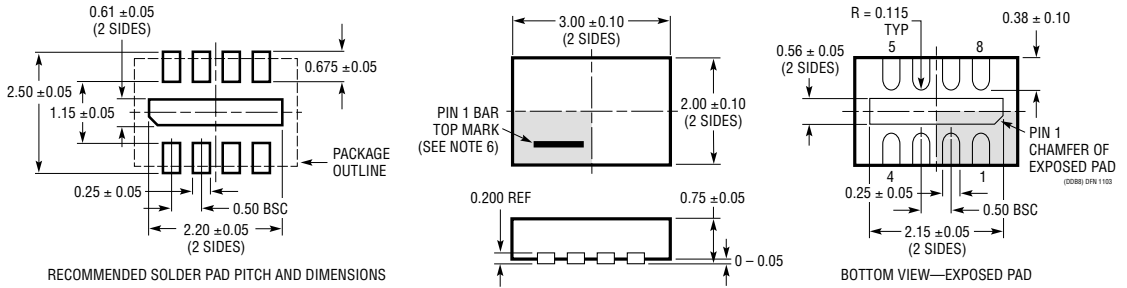


图 6：单电源电子熔断器

封装描述

DDB 封装
8 引脚塑料 DFN (3mm × 2mm)
 (参考 LTC DWG # 05-08-1702)



NOTE:

1. DRAWING CONFORMS TO VERSION (WECD-1) IN JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

典型应用

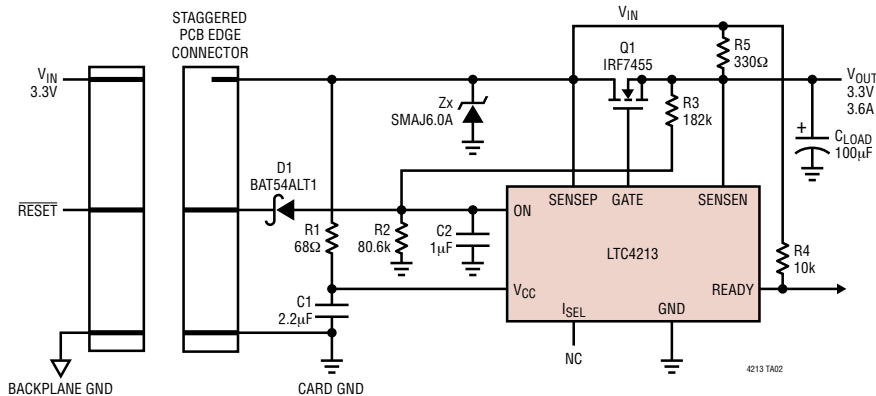


图 7：单电源热板插入

相关器件

器件型号	描述	备注
LTC1421	双通道，热插拔 (Hot Swap™) 控制器	24 引脚，工作范围为 3V 至 12V 并支持 -12V
LTC1422	采用 SO-8 封装的单通道，热插拔控制器	工作范围为 2.7V 至 12V，系统复位输出
LTC1642	具有故障保护功能的热插拔控制器	可在高达 16.5V 的电压条件下工作，过压保护至 33V
LTC1643AL/LTC1643AH	PCI 热插拔控制器	3.3V、5V 和 ±12V 电源
LTC1645	双通道热插拔控制器	工作范围为 1.2V 至 12V，电源排序
LTC1647	双通道，热插拔控制器	工作范围为 2.7V 至 16.5V
LTC4210	采用 SOT-23 封装的单通道，热插拔控制器	工作范围为 2.7V 至 16.5V，多功能电流控制
LTC4211	采用 MSOP 封装的单通道，热插拔控制器	2.5V 至 16.5V，多功能电流控制
LTC4216	超低电压热插拔控制器	工作范围为 2.7V 至 16.5V，多功能电流控制
LTC4221	双通道，热插拔控制器	可对 0V 至 6V 的负载电压提供保护
LTC4230	三通道，热插拔控制器	1.7V 至 16.5V，多功能电流控制
LTC4251	采用 SOT-23 封装的 -48V 热插拔控制器	-48V 热插拔控制器，有源电流限制
LTC4252	采用 MSOP 封装的 -48V 热插拔控制器	具有漏极电压加速响应功能的有源电流限制
LTC4253	-48V 热插拔控制器和排序器	具有漏极电压加速响应功能和三个排序电源良好输出的有源电流限制