

MAXIM

0.075A 至 1.5A、可编程限流开关

MAX4766

概述

MAX4766 是可编程限流开关，采用了专有的控制拓扑，能提供精度为 $\pm 10\%$ 的精确限流。输入电压范围为 2.25V 至 4.5V。

限流值在 0.075A 至 1.5A 之间，由电阻设定，并具有可调节的软启动功能，用来控制输出电压的斜率，从而限制浪涌电流。该器件还具有可调节的屏蔽时间，适用于不同的容性负载。

负载电流大于限流门限时，限流器根据不同的选项（三种方式）处理过流情况，分别进入自动重试模式 (MAX4766A)、闭锁开关 (MAX4766B) 或使器件进入连续限流模式 (MAX4766C)。其它安全特性包括：防止过热的热关断功能；防止电流向电源倒灌的反向电流阻断功能。

MAX4766 采用细小的 8 引脚 3mm x 3mm TDFN 封装，工作在 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 扩展级温度范围。

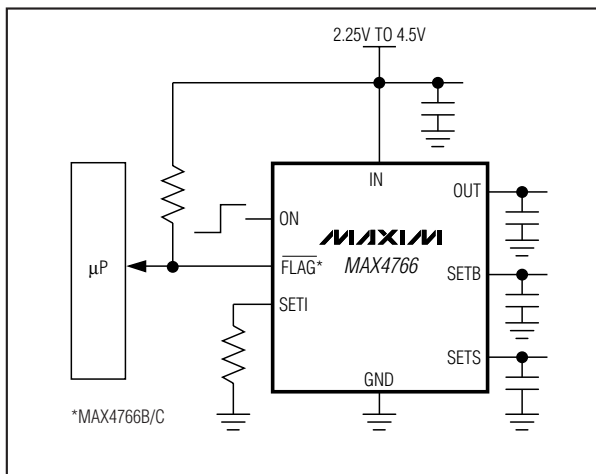
特性

- ◆ $\pm 10\%$ 精确限流
- ◆ 0.075A 至 1.5A 可编程限流
- ◆ 浪涌电流保护
- ◆ 热关断保护
- ◆ 反向电流保护
- ◆ 低压差
- ◆ 可编程屏蔽时间
- ◆ 可编程软启动时间
- ◆ $\overline{\text{FLAG}}$ 功能 (MAX4766B/MAX4766C)
- ◆ 细小的 8 引脚 TDFN 封装 (3mm x 3mm)
- ◆ 电源电压范围为 2.25V 至 4.5V

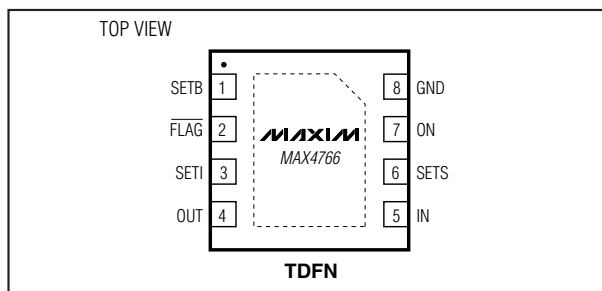
应用

- SDIO 端口
- 笔记本电脑
- PDA 与掌上电脑设备
- 蜂窝电话

典型工作电路



引脚配置



订购信息/选择指南

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK	PKG CODE	SOFT-START/ BLANKING	OVERCURRENT RESPONSE
MAX4766AETA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 TDFN	AKV	T833-1	Programmable	Autoretry
MAX4766BETA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 TDFN	AKW	T833-1	Programmable	Latch-Off
MAX4766CETA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 TDFN	AKX	T833-1	Programmable	Continuous

0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

MAX4766

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN, OUT, ON, $\overline{\text{FLAG}}$ to GND-0.3V to +5V
 SETB, SETS, SETI to GND-0.3V to ($V_{\text{IN}} + 0.3\text{V}$)
 IN to OUT $\pm 5\text{V}$
 OUT Short-Circuit DurationContinuous
 Continuous Switch Current1.75A
 Current into any Pin (Except IN, OUT)..... $\pm 20\text{mA}$
 Continuous Power Dissipation ($T_{\text{A}} = +70^{\circ}\text{C}$)
 8-Pin TDFN (derate 18.2mW/ $^{\circ}\text{C}$ above $+70^{\circ}\text{C}$)...455mW (T833-1)

Operating Temperature Range -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
 Junction Temperature $+150^{\circ}\text{C}$
 Storage Temperature Range -65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
 Human Body Model ESD Protection $\pm 2\text{kV}$
 Lead Temperature (soldering, 10s) $+300^{\circ}\text{C}$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{\text{IN}} = 2.25\text{V}$ to 4.5V , $C_{\text{OUT}} = 2.2\mu\text{F}$, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_{\text{A}} = +25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Voltage Range	V_{IN}		2.25		4.5	V
Undervoltage Lockout	V_{UVLO}	V_{IN} rising	1.6		2.0	V
Undervoltage Lockout Hysteresis				125		mV
Quiescent Current	I_{Q}	$I_{\text{OUT}} = 0$, switch on, $R_{\text{SETI}} = 0\Omega$ ($I_{\text{LIMIT}} = 1.5\text{A}$)		35	85	μA
		$I_{\text{OUT}} = 0$, switch on, $R_{\text{SETI}} = 200.9\text{k}\Omega$ ($I_{\text{LIMIT}} = 0.56\text{A}$)		95	135	
		$I_{\text{OUT}} = 0$, switch on, $R_{\text{SETI}} = 1500\text{k}\Omega$ ($I_{\text{LIMIT}} = 0.075\text{A}$)		75	120	
Shutdown Current	I_{SHDN}	$V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$, $V_{\text{ON}} = 0$, $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $T_{\text{A}} = +25^{\circ}\text{C}$			0.1	μA
		$V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$, $V_{\text{ON}} = 0$, $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $T_{\text{A}} = +85^{\circ}\text{C}$			13.5	
		$V_{\text{IN}} = 4.0\text{V}$, $V_{\text{ON}} = 0$, $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $T_{\text{A}} = +25^{\circ}\text{C}$			0.12	
		$V_{\text{IN}} = 4.0\text{V}$, $V_{\text{ON}} = 0$, $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $T_{\text{A}} = +85^{\circ}\text{C}$			18	
Current Limit	I_{LIM}	$V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $R_{\text{SETI}} = 0\Omega$ ($V_{\text{IN}} = 2.25$ to 4.0V)	1.35	1.50	1.67	A
		$V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $R_{\text{SETI}} = 200.9\text{k}\Omega$ ($V_{\text{IN}} = 2.25$ to 4.0V)	537	590	640	
		$V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $R_{\text{SETI}} = 1500\text{k}\Omega$ ($V_{\text{IN}} = 2.25$ to 3.6V)	73	79.5	85.5	mA
		$V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$, $R_{\text{SETI}} = 1500\text{k}\Omega$ ($V_{\text{IN}} = 2.25$ to 4.0V)	73	80	87	

0.075A 至 1.5A、可编程
限流开关

MAX4766

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)(V_{IN} = 2.25V to 4.5V, C_{OUT} = 2.2μF, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
R _{SETI} I _{LIMIT} Product		0.075A ≤ I _{LIMIT} ≤ 1.5A, V _{OUT} = 0V	101	112.5	124	kV
Switch Dropout Voltage (Note 2)		V _{ON} = V _{IN} = 3V, I _{OUT} = 0.9 × I _{LIMIT(min)} , R _{SETI} = 0Ω (typical I _{LIMIT} = 1.5A)			290	mV
		V _{ON} = V _{IN} = 3V, I _{OUT} = 0.33 × I _{LIMIT(min)} , R _{SETI} = 0Ω (typical I _{LIMIT} = 1.5A)			105	
		V _{ON} = V _{IN} = 3V, I _{OUT} = 0.9 × I _{LIMIT(min)} , R _{SETI} = 200.9kΩ (typical I _{LIMIT} = 0.56A)			245	
Forward-Off Switch Leakage Current	I _{OUT(OFF)}	V _{IN} = 3.6V, V _{ON} = 0V, V _{OUT} = 0V, T _A = +25°C			0.1	μA
		V _{IN} = 3.6V, V _{ON} = 0V, V _{OUT} = 0V, T _A = +85°C			13.5	
		V _{IN} = 4.0V, V _{ON} = 0V, V _{OUT} = 0V, T _A = +25°C			0.12	
		V _{IN} = 4.0V, V _{ON} = 0V, V _{OUT} = 0V, T _A = +85°C			18	
Reverse Leakage Current (Device Disabled)	I _{INR(OFF)}	V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 3.6V, V _{ON} = 0V, T _A = +25°C			0.1	μA
		V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 3.6V, V _{ON} = 0V, T _A = +85°C			13.8	
		V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 4.0V, V _{ON} = 0V, T _A = +25°C			0.125	
		V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 4.0V, V _{ON} = 0V, T _A = +85°C			18	
Reverse Leakage Current (Device Enabled)	I _{INR(OFF)}	V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 3.6V, V _{ON} = V _{OUT} , T _A = +25°C			0.17	μA
		V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 3.6V, V _{ON} = V _{OUT} , T _A = +85°C			30	
		V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 4.0V, V _{ON} = V _{OUT} , T _A = +25°C			0.22	
		V _{IN} = 0V, V _{OUT} = 4.0V, V _{ON} = V _{OUT} , T _A = +85°C			40	
ON LOGIC						
ON Logic-High Voltage	V _{IH}		1.4			V
ON Logic-Low Voltage	V _{IL}				0.6	V

0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

MAX4766

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{IN} = 2.25V$ to $4.5V$, $C_{OUT} = 2.2\mu F$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
FLAG OUTPUT LOGIC						
FLAG Output Logic-Low Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 1mA$			0.4	V
FLAG Output High Leakage Current		$V_{IN} = V_{FLAG} = 5.5V$			1	μA
THERMAL PROTECTION						
Thermal Shutdown		$V_{IN} = 3.3V$, junction temperature rising		150		$^\circ C$
Thermal Shutdown Hysteresis		$V_{IN} = 3.3V$		15		$^\circ C$
DYNAMIC						
Turn-On Time (Note 3)	T_{SS}	$C_{SETS} = 0.01\mu F$	5	9	17.5	ms
Turn-Off Time	T_{OFF}	V_{ON} from high to low; $R_L = 10\Omega$, $R_{SET} = 0$, $V_{IN} = 3.3V$		75	150	μs
Current-Limit Reaction Time		$V_{IN} = 4V$, $R_{SET} = 0\Omega$, output high and then short-circuit applied		1		μs
Blanking Time	t_{BLANK}	$C_{SETB} = 0.01\mu F$	3.5	6.75	11.5	ms
Retry Time			225	420	700	ms

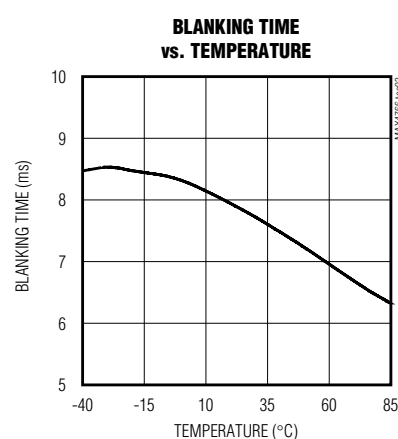
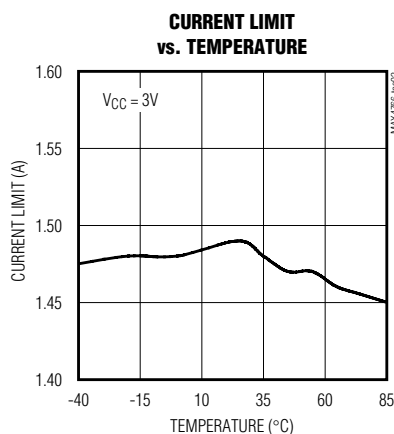
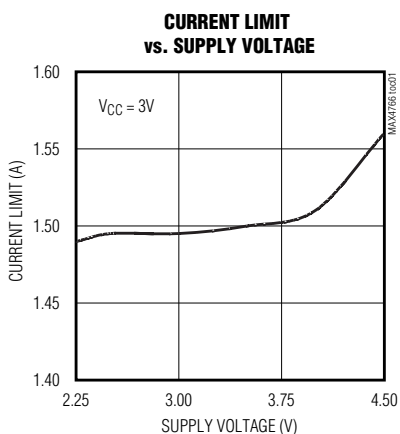
Note 1: All parameters tested at $T_A = +25^\circ C$. Limits through the temperature range are guaranteed by design.

Note 2: Not production tested. Guaranteed by design.

Note 3: Turn-on time (also called soft-start time) is defined as the difference in the time between when the output crosses 10%, and 90% of the final output voltage.

典型工作特性

($V_{IN} = 3.3V$, $C_{OUT} = 2.2\mu F$, $R_{SET1} = 0k\Omega$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

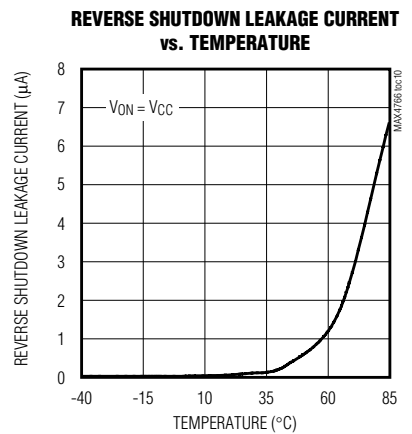
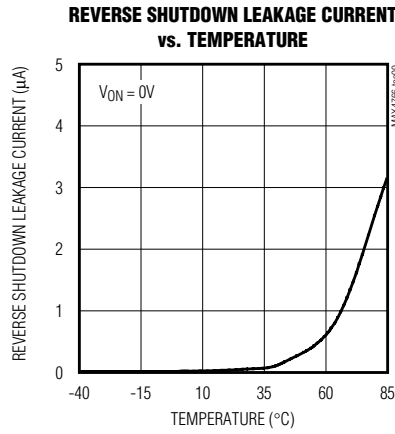
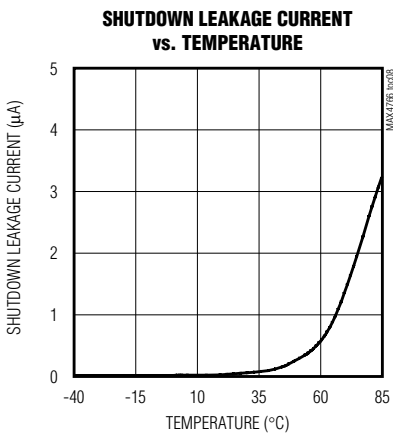
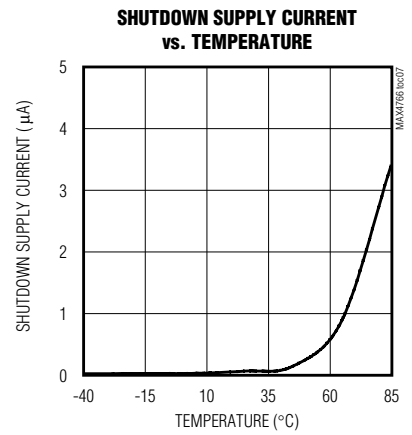
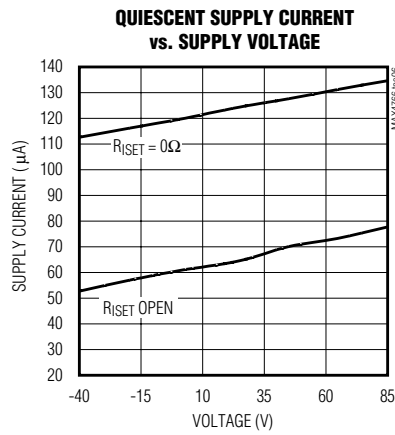
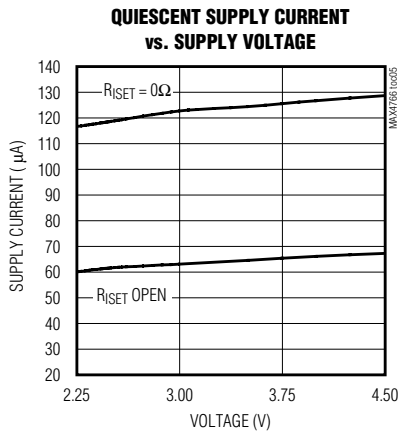
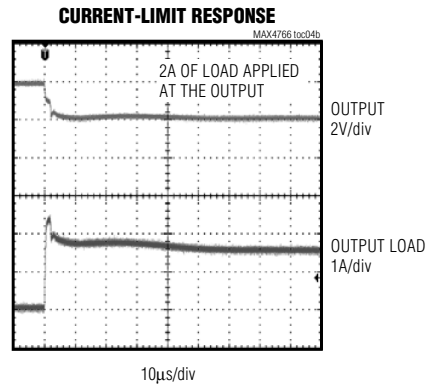
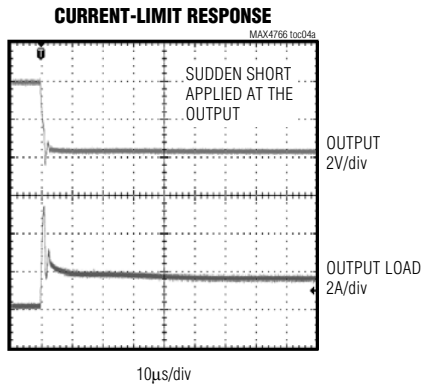


0.075A至1.5A、可编程限流开关

典型工作特性 (续)

(VIN = 3.3V, COUT = 2.2μF, RSET1 = 0kΩ, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

MAX4766

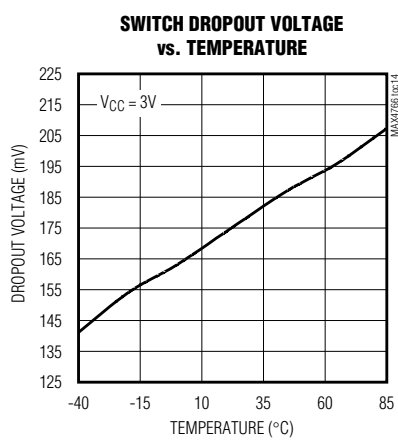
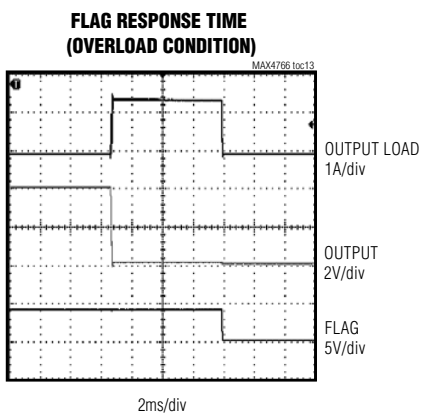
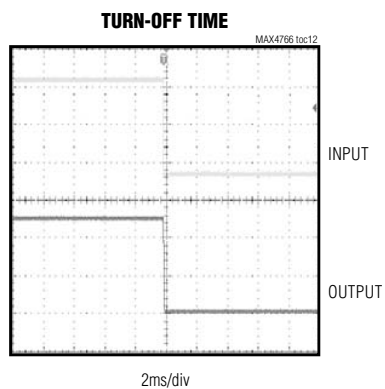
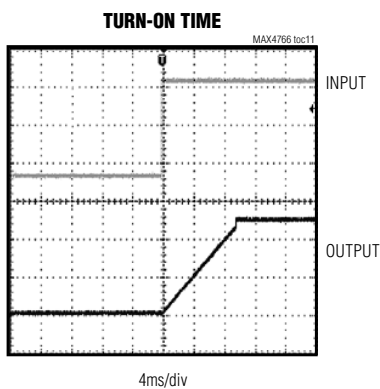


0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

MAX4766

典型工作特性 (续)

(VIN = 3.3V, COUT = 2.2μF, RSET1 = 0kΩ, TA = +25°C, unless otherwise noted.)



0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

引脚说明

MAX4766

引脚		名称	功能
MAX4766B/C	MAX4766A		
1	1	SETB	屏蔽时间调节。在 SETB 与地之间接一个电容来编程屏蔽时间。见 <i>可编程屏蔽时间</i> 部分。SETB 悬空时则选择 1ms 的最小预设屏蔽时间。
2	—	FLAG	故障指示输出。FLAG 为漏极开路输出，当过载故障持续时间超过屏蔽时间、检测到反向电流或器件处于热关断时，该输出变低。在 FLAG 和 IN 之间接一个 5kΩ 电阻。对于闭锁保护 (MAX4766B) 版本，屏蔽时间结束后开关断开，同时 FLAG 输出变低。对于连续限流版本 (MAX4766C)，FLAG 不会等待屏蔽时间，而是一旦达到限流门限就会变低。
—	2	N.C.	无连接
3	3	SETI	限流调节。在 SETI 与地之间接一个电阻来编程限流值。详细信息见 <i>设置限流</i> 部分。将 SETI 与地短接将器件设为 1.5A 的最大限流值。
4	4	OUT	开关输出。用一个 2.2μF 电容将 OUT 旁路至地。
5	5	IN	电源输入。用一个 2.2μF 或更大的陶瓷电容将 IN 旁路至地。为防止大的负载瞬变拉低电源电压，可能需要较大的电容。
6	6	SETS	软启动调节。在 SETS 与地之间接一个电容来编程软启动时间。见 <i>可编程软启动</i> 部分。将 SETS 悬空则选择 1ms 的最小预设软启动时间。
7	7	ON	高电平有效开关接通输入。ON 接高电平则接通开关。
8	8	GND	地

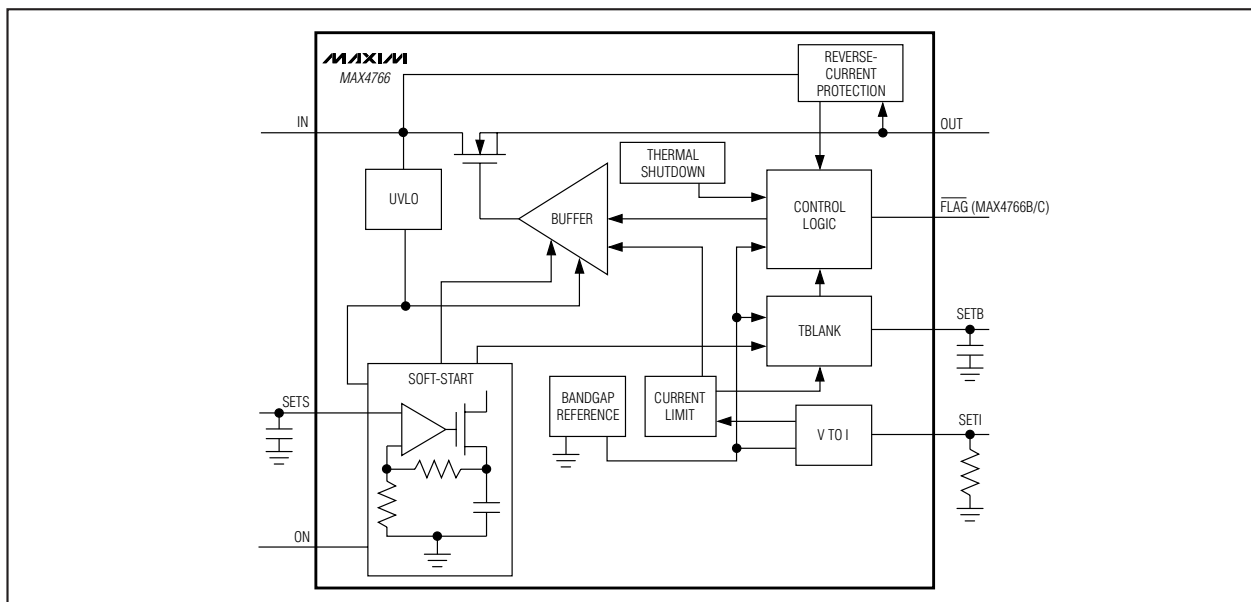


图 1. 功能框图

0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

详细说明

MAX4766 限流开关工作在 2.25V 至 4.5V 输入电压范围，并具有 0.075A 到 1.5A 的可编程限流，限流精度为 $\pm 10\%$ 。该器件具有可调节的屏蔽时间、可调节的软启动时间和一个输出指示器 $\overline{\text{FLAG}}$ ，在发生故障时该指示器能够通知处理器 (图 1)。MAX4766 具有闭锁、自动重试和连续限流等版本 (见选择指南)。

可编程限流

通过 SET1 和 GND 之间的电阻对开关限流进行编程 (见设置限流部分)。当电流达到设置的限流值时，MAX4766 会提高调整管的栅极驱动。如果负载电流大于限流门限的时间超过了 t_{BLANK} 时间，则开关或者进入自动重试、闭锁模式，或者保持在连续模式直到达到热限制为止。

可编程软启动

MAX4766 具有可调节的软启动时间，用来控制输出电压的斜率，从而限制浪涌电流。通过接在 SETS 和 GND 之间的一个外部电容来设置软启动时间。电容值直接决定了典型软启动时间。使用下面的公式来确定软启动时间：

$$\text{Soft-Start(ms)} = \frac{C_{\text{SETS}}}{1nF} \times 1ms$$

将 SETS 悬空则选择 1ms 的最小预设软启动时间。

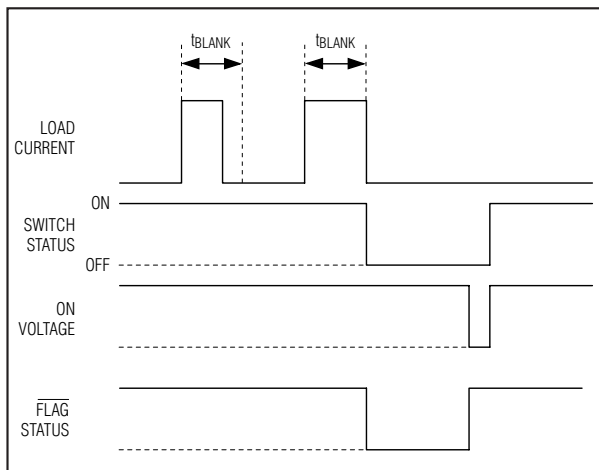


图 2a. 闭锁故障屏蔽 (触发 ON)

可编程屏蔽时间 (MAX4766A/MAX4766B)

MAX4766 具有可调节故障屏蔽时间，这确保了在上电过程中或由热插拔容性负载引起瞬间短路时不会产生故障信号。通过 SETB 和 GND 之间的一个外部电容来设置屏蔽时间。当短路或负载瞬变使器件进入限流故障时，一个内部计数器会监视软启动时间结束后的故障持续时间。对于 MAX4766B，当负载故障超过了设置的屏蔽时间 (t_{BLANK}) 时， $\overline{\text{FLAG}}$ 信号变低。如果在编程屏蔽时间周期结束前故障条件消除，则定时器复位并且不会触发 $\overline{\text{FLAG}}$ 信号 (见图 2a 和 2b)。只对限流和电路短路故障屏蔽。

表 1. 屏蔽时间与电容值关系

CSETB (μF)	TYPICAL BLANKING TIME (ms)
Open	1
0.01	8
0.025	19
0.05	35
0.075	50
0.1	65
0.125	80
0.150	100
0.175	115
0.2	125
0.25	150

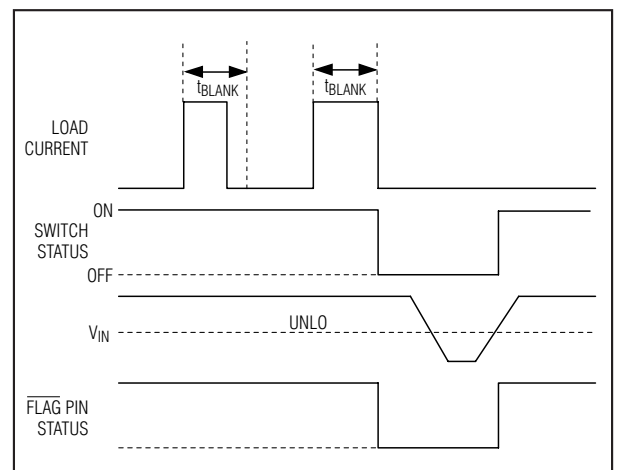


图 2b. 闭锁故障屏蔽 (以低于 UVLO 的电平触发 IN)

0.075A至1.5A、可编程 限流开关

闭锁

当电流超过正向限流门限时， t_{BLANK} 定时器开始计时。如果过流条件在 t_{BLANK} 结束之前消除，则定时器复位。如果过流条件持续时间超过屏蔽时间，则开关关断并且 \overline{FLAG} 输出报警信号。可以通过触发 ON (图 2a) 或者刷新输入电压 (图 2b) 来复位开关。

反向电流保护

MAX4766 具有反向电流保护电路，当输出电压大于输入电压 100mV 时反向电流限制在 1 μ A。在此期间，开关关断并且 \overline{FLAG} 变低 (MAX4766B/C)，而不会等待 t_{BLANK} 时间结束。如果此时输出电压下降到输入 +100mV 以下，则开关接通并且 \overline{FLAG} 报警解除 (MAX4766B/C)。

热关断

热关断电路可以保护器件免受过热破坏。当结温超过 +150°C 时，开关立刻关断并且 \overline{FLAG} (MAX4766B/C) 变低 (无故障屏蔽)。除非用由高到低再到高的脉冲触发 ON 引脚，否则 MAX4766B (闭锁) 不会重新开启。MAX4766A (自动重试) 和 MAX4766C (连续) 会在器件温度降低约 +15°C 之后再次接通开关。

\overline{FLAG} 指示器

\overline{FLAG} 是一个漏极开路故障指示输出，需要一个外部上拉电阻接至 DC 电源 (通常为 IN)。当下面任何一个条件出现时， \overline{FLAG} 变低：

- 对于 MAX4766B，器件处于限流故障且时间超过故障屏蔽周期。
- 对于 MAX4766C (无屏蔽时间)，器件处于限流故障。
- 开关处于自动重试模式。
- OUT 电压高于 IN 电压超过 100mV。
- 管芯温度超过热关断温度限制 +15°C。

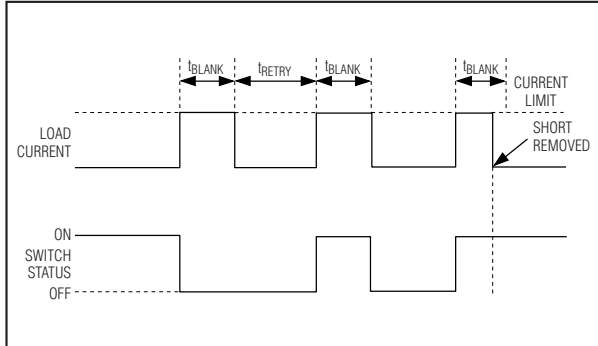


图 3. 自动重试故障屏蔽时序图

自动重试 (MAX4766A)

当电流超过正向限流门限时， t_{BLANK} 定时器开始计时 (图 3)。如果在 t_{BLANK} 结束之前过流条件消除，则定时器复位。重试时间延迟器 (t_{RETRY}) 在 t_{BLANK} 结束之后立刻开始计时，在此期间，开关关断。 t_{RETRY} 结束时，开关重新打开。如果故障仍然存在，则重复上述过程。如果故障已经消除，则开关保持接通。自动重试功能在过流或短路情况下节省了系统的功耗。在 t_{BLANK} 期间，开关是接通的，电源电流为所设置的限流值。在 t_{RETRY} 期间，开关是关断的，通过开关的电流为零。开关上的等效电流是负载电流与占空比的乘积，而不是满负载电流，即：

$$I_{SUPPLY} = I_{LOAD} \left(\frac{t_{BLANK}}{t_{BLANK} + t_{RETRY}} \right)$$

典型情况下，当 $t_{BLANK} = 15\text{ms}$ 以及 $t_{RETRY} = 150\text{ms}$ 时，占空比为 10%，这样与开关持续接通时相比节省了 90% 的功耗。

连续限流

对于 MAX4766 的连续限流版本，在输出负载降低之前输出电流保持为限流值。在这种情况下，一旦出现限流， \overline{FLAG} 就会触发变低，而不会等待屏蔽时间；同样地，一旦短路条件消除就会解除 \overline{FLAG} 报警。在这种电流模式下，如果超过了封装的热耗散参数，器件将进入热关断状态，直到管芯温度冷却后才会重新工作。

0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

表 2. 限流与电阻值的关系

RSETI (kΩ)	TYPICAL CURRENT LIMIT (A)
1500	0.075
1125	0.1
750	0.15
562.5	0.2
330	0.375
200.9	0.56
150	0.75
112.5	1.0
90	1.25
80.35	1.4
≤75	1.5

应用信息

设置限流

通过 SETI 和地之间的一个电阻对 MAX4766 的限流值进行编程。表 2 列出了不同电阻值及其设置的各种限流值。使用下面的公式来计算限流值：

$$R_{SETI} = \left(\frac{112.5\text{kV}}{I_{LIM(A)}} \right) \text{k}\Omega$$

输入电容

在 IN 和地之间接一个电容，从而限制瞬态输出短路情况下的输入电压跌落。一个 ESR 小于 0.2Ω 的 2.2μF 陶瓷电容能够满足大多数应用。更高的电容值会进一步减小输入的电压跌落。

输出电容

为在整个温度范围和整个可编程的限流范围内实现稳定工作，可在 OUT 和地之间接一个 ESR 小于 0.2Ω 的 2.2μF 电容。

如果负载电容太大，那么电流可能没有足够的时间对电容充电，从而使器件认为存在故障负载条件。可由 OUT 驱动的最大容性负载可由下式得到：

$$C_{MAX} = \left(\frac{I_{FWD_MIN} \times t_{BLANK}}{V_{IN}} \right)$$

布线和热耗散

为使开关对输出短路条件的响应时间最佳，保持所有走线尽可能短以减小寄生电感效应是十分重要的。输入和输出电容应尽可能靠近器件摆放（不超过 5mm）。IN 和 OUT 引脚必须用短线与电源总线相连。在正常工作状态下，器件功耗很小并且封装温度变化也非常小。如果在最大电源电压下输出持续和地短路，带有自动重试功能的开关操作不会出现问题，这是由于短路期间的总功耗是由占空比来衡量的：

$$P_{MAX} = \left(\frac{V_{IN_MAX} \times I_{OUT_MAX} \times t_{BLANK}}{t_{RETRY} + t_{BLANK}} \right)$$

一定要注意 MAX4766 的闭锁版本，其闭锁状态必须通过从高到低触发 ON 来手动复位。如果闭锁持续时间不是很长，器件很可能达到热关断门限，这样只有等器件冷却下来后才能够重新开启器件。

芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 1544

PROCESS: CMOS

0.075A 至 1.5A、可编程 限流开关

封装信息

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外型信息，请查询 www.maxim-ic.com.cn/packages。)

MAX4766

