

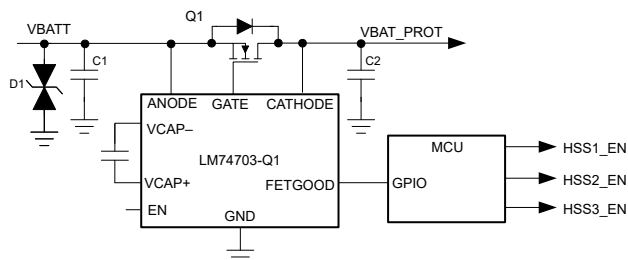
LM74703-Q1、LM74704-Q1 具有外部 FET 运行状况指示的汽车类理想二极管控制器

1 特性

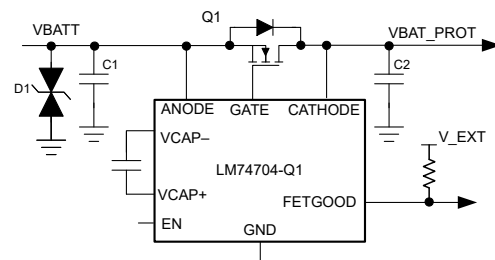
- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性
 - 器件温度等级 1：
 - 40°C 至 125°C 的环境工作温度范围
- 3.2V 至 65V 输入范围 (3.9V 启动)
- 65V 反向电压额定值
- 适用于外部 N 沟道 MOSFET 的电荷泵
- 20mV ANODE 至 CATHODE 引脚正向压降调节
- 使能引脚特性
- 1μA 关断电流 (EN = 低电平)
- 80μA 工作静态电流 (EN = 高电平)
- 2.3A 峰值栅极关断电流
- 用以指示外部 MOSFET 运行状况的 FETGOOD 输出
- 快速响应反向电流阻断：
 - 小于 0.75μs
- 扩展频率范围 (150kHz 至 1GHz) 内的 EMI 性能
- 采用外部 TVS 二极管，符合汽车 ISO7637 瞬态要求
- 2.90mm × 1.60mm 8 引脚 SOT-23 封装

2 应用

- 汽车 ADAS 系统 - 摄像头
- 汽车信息娱乐系统 - 数字仪表组、音响主机
- 车身电子装置和照明
- 用于冗余电源的有源 ORing



LM74703-Q1 典型应用原理图



LM74704-Q1 典型应用原理图

3 说明

LM74703-Q1、LM74704-Q1 是一款符合汽车 AEC Q100 标准的理想二极管控制器，与外部 N 沟道 MOSFET 配合工作，可作为理想二极管整流器利用 20mV 正向压降实现低损耗反极性保护。3.2V 至 65V 的宽电源输入范围可实现对常用直流总线电压（例如 12V、24V 和 48V 汽车电池系统）的控制。3.2V 输入电压支持可满足汽车系统中严苛的冷启动要求。该器件可耐受低至 -65V 的负电源电压，并提供负载保护。

该器件通过控制 MOSFET 的栅极将正向压降调节至 20mV。该调节方案可在反向电流事件中支持 MOSFET 平稳关机，并提供零直流反向电流。该器件能够快速 (< 0.75μs) 响应反向电流阻断，因此适用于在 ISO7637 脉冲测试以及电源故障和输入微短路条件下要求保持输出电压的系统。LM74703-Q1、LM74704-Q1 具有 FETGOOD 输出，用于指示外部 MOSFET 漏源短路或开路情况。该器件具有使能引脚 (EN)。当使能引脚处于低电平时，控制器关闭，消耗大约 1μA 的电流。

器件信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
LM74703-Q1	DDF (SOT-23, 8)	2.90mm × 1.60mm
LM74704-Q1		

(1) 有关详细信息，请参阅节 12。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



内容

1 特性	1	8.3 特性说明	12
2 应用	1	8.4 器件功能模式	15
3 说明	1	9 应用和实施	16
4 器件比较表	3	9.1 应用信息.....	16
5 引脚配置和功能	3	9.2 典型应用.....	16
6 规格	4	9.3 电源建议.....	22
6.1 绝对最大额定值.....	4	9.4 布局.....	22
6.2 ESD 等级.....	4	10 器件和文档支持	23
6.3 建议运行条件.....	4	10.1 文档支持.....	23
6.4 热性能信息.....	5	10.2 接收文档更新通知.....	23
6.5 电气特性.....	5	10.3 支持资源.....	23
6.6 开关特性.....	6	10.4 商标.....	23
6.7 典型特性.....	7	10.5 静电放电警告.....	23
7 参数测量信息	10	10.6 术语表.....	23
8 详细说明	11	11 修订历史记录	23
8.1 概述.....	11	12 机械、封装和可订购信息	23
8.2 功能方框图.....	11		

4 器件比较表

	LM74703-Q1	LM74704-Q1
FETGOOD 输出类型	推挽式输出	漏极开路输出

5 引脚配置和功能

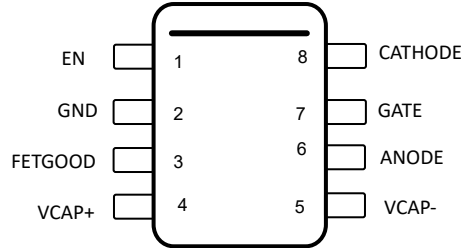


图 5-1. DDF 封装，8 引脚 SOT-23（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
编号	名称		
1	EN	I	使能引脚。可连接到阳极以实现常开运行。
2	GND	G	接地引脚。
3	FETGOOD	O	外部 MOSFET 状态指示器。LM74703-Q1 具有推挽输出，而 LM74704-Q1 具有开漏 FETGOOD 输出。不使用时，FETGOOD 引脚可以保持悬空。
4	VCAP+	O	电荷泵输出。连接到 VCAP+ 和 VCAP- 之间的外部电荷泵电容器。
5	VCAP-	I	电荷泵电容器基准输入。
6	ANODE	I	二极管的阳极和输入功率。连接到 N 沟道 MOSFET 的源极。
7	GATE	O	栅极驱动器输出。连接到外部 N 沟道 MOSFET 的栅极。
8	CATHODE	I	二极管的阴极。连接到 N 沟道 MOSFET 的漏极。

(1) I = 输入，O = 输出，G = GND

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
输入引脚	ANODE, VCAP - 至 GND	- 65	65	V
	EN 至 GND, $V_{(ANODE)} > 0V$	- 0.3	65	V
	EN 至 GND, $V_{(ANODE)} \leq 0V$	$V_{(ANODE)}$	$(65 + V_{(ANODE)})$	V
输出引脚	FETGOOD 至 GND	- 0.3	80	V
	$I_{FETGOOD}$		1	mA
	GATE 至 ANODE	- 0.3	15	V
	VCAP+ 至 VCAP -, ANODE	- 0.3	15	V
输出至输入引脚	CATHODE 至 ANODE	-5	75	V
工作结温 ⁽²⁾		-40	150	°C
贮存温度, T_{stg}		-40	150	°C

- (1) 超出绝对最大额定值运行可能会对器件造成损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出建议运行条件但在绝对最大额定值范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命。
- (2) 高结温会缩短工作寿命。结温高于 125°C 时，工作寿命会缩短。

6.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 ⁽¹⁾ HBM ESD 分类等级 2	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100 - 011 CDM ESD 分类等级 C4B	±750	
		转角引脚 (EN、VCAP+、VCAP - CATHODE) 其他引脚	±500	

- (1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	标称值	最大值	单位
输入引脚	ANODE, VCAP - 至 GND	-60		60	V
	CATHODE 至 GND			60	
	EN 到 GND	-60		60	
输入到输出引脚	ANODE 至 CATHODE	- 70			V
外部电容	ANODE	22			nF
	CATHODE 至 GND, VCAP+ 至 VCAP -	0.1			µF
外部 MOSFET 最大 V_{GS} 额定值	GATE 至 ANODE	15			V
T_J	工作结温范围 ⁽²⁾	-40		150	°C

- (1) 建议运行条件是器件可正常运行的条件。有关规格和测试条件，请参阅 [节 6.5](#)。
- (2) 高结温会缩短工作寿命。结温高于 125°C 时，工作寿命会缩短。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		LM74703-Q1、LM74704-Q1	单位
		DDF (SOT)	
		8 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	133.8	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	72.6	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	54.5	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	4.6	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特性参数	54.2	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅[半导体和 IC 封装热指标应用报告](#)。

6.5 电气特性

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C ; $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{(ANODE)} = 12\text{V}$ 、 $C_{(VCAP+)} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $V_{(EN)} = 3.3\text{V}$ 时的典型值，在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{ANODE} 电源电压						
$V_{(ANODE)}$	工作输入电压		4		60	V
$V_{(ANODE POR)}$	VANODE POR 上升阈值				3.9	V
	VANODE POR 下降阈值		2.2	2.8	3.1	V
$I_{(SHDN)}$	关断电源电流	$V_{(EN)} = 0\text{V}$		1	1.5	μA
$I_{(Q)}$	工作静态电流			80	130	μA
使能输入						
$V_{(EN_IL)}$	使能输入低阈值		0.5	0.9	1.22	V
$V_{(EN_IH)}$	使能输入高阈值		1.06	2	2.6	
$I_{(EN)}$	使能灌电流	$V_{(EN)} = 12\text{V}$		3	5	μA
FETGOOD						
FETGOOD 高	逻辑高电平的 FETGOOD 电压	$VCAP > VCAP_UVLO$, $V_{ANODE} - V_{CATHODE} < 200\text{mV}$, LM74703-Q1	4.45	5.2	6	V
$R_{FETGOOD(pullup)}$	FETGOOD 上拉电阻器	$VCAP > VCAP_UVLO$, $V_{ANODE} - V_{CATHODE} < 200\text{mV}$, LM74703-Q1		50		$\text{k}\Omega$
$R_{FETGOOD(pulldown)}$	FETGOOD 下拉电阻	$VCAP < VCAP_UVLO$ 或 $V_{ANODE} - V_{CATHODE} > 200\text{mV}$, LM74703-Q1		50		$\text{k}\Omega$
$R_{FETGOOD(pulldown)}$	FETGOOD 下拉电阻	$VCAP < VCAP_UVLO$ 或 $V_{ANODE} - V_{CATHODE} > 200\text{mV}$, LM74704-Q1		1	1.3	$\text{k}\Omega$
FETGOOD 比较器	FETGOOD 变为低电平的 V_{AC} 比较器上升阈值		180	200	230	mV
FETGOOD 比较器	FETGOOD 变为高电平的 V_{AC} 比较器下降阈值		160	185	215	mV
FETGOOD 比较器迟滞				15		mV
V_{ANODE} 至 $V_{CATHODE}$						
$V_{(AC_REG)}$	稳压正向 $V_{(AC)}$ 阈值		13	20	29	mV
$V_{(AC_FC)}$	完全导通模式的 $V_{(AC)}$ 阈值		34	50	57	mV
$V_{(AC_REV)}$	反向电流阻断的 $V_{(AC)}$ 阈值		-17	-11	-2	mV
栅极驱动						

LM74703-Q1, LM74704-Q1

ZHCSQU8A - MAY 2023 - REVISED DECEMBER 2023

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C ; $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{(\text{ANODE})} = 12\text{V}$ 、 $C_{(\text{VCAP}+)} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $V_{(\text{EN})} = 3.3\text{V}$ 时的典型值，在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{(\text{GATE})}$	峰值拉电流	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = 100\text{mV}$, $V_{(\text{GATE})} - V_{(\text{ANODE})} = 200\text{mV}$	3	11		mA
	峰值灌电流	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = -20\text{mV}$, $V_{(\text{GATE})} - V_{(\text{ANODE})} = 5\text{V}$		2370		mA
	稳压最大灌电流	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = 0\text{V}$, $V_{(\text{GATE})} - V_{(\text{ANODE})} = 200\text{mV}$	6	26		μA
$R_{\text{DS(ON)}}$	放电开关 $R_{\text{DS(ON)}}$	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = -100\text{mV}$, $V_{(\text{GATE})} - V_{(\text{ANODE})} = 100\text{mV}$	0.4	1	2	Ω
电荷泵						
$I_{(\text{VCAP})}$	电荷泵拉电流（电荷泵导通）	$V_{(\text{VCAP}+)} - V_{(\text{VCAP}-)} = 7\text{V}$	162	300	600	μA
	电荷泵灌电流（电荷泵关闭）	$V_{(\text{VCAP}+)} - V_{(\text{VCAP}-)} = 14\text{V}$		5	10	μA
$V_{(\text{VCAP}+)} - V_{(\text{VCAP}-)}$	$V_{(\text{ANODE})} = 3.2\text{V}$ 时的电荷泵电压	$I_{(\text{VCAP})} \leq 30\mu\text{A}$	8			V
	电荷泵导通电压		10.8	12.1	12.9	V
	电荷泵关断电压		11.6	13	13.9	V
	电荷泵使能比较器迟滞		0.54	0.9	1.36	V
$V_{(\text{VCAP UVLO})}$	$V_{(\text{VCAP})} - V_{(\text{ANODE})}$ UV 在上升沿释放	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = 100\text{mV}$	5.8	6.6	7.7	V
	$V_{(\text{VCAP})} - V_{(\text{ANODE})}$ 下降沿的 UV 阈值	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = 100\text{mV}$	5.11	5.68	6	V
CATHODE						
$I_{(\text{CATHODE})}$	CATHODE 灌电流	$V_{(\text{ANODE})} = 12\text{V}$, $V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = 100\text{mV}$		1.7	2	μA
		$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = -100\text{mV}$		1.2	2.2	μA
		$V_{(\text{ANODE})} = -12\text{V}$, $V_{(\text{CATHODE})} = 12\text{V}$		1.25	2.06	μA

6.6 开关特性

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C ; $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{(\text{ANODE})} = 12\text{V}$ 、 $C_{(\text{VCAP}+)} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $V_{(\text{EN})} = 3.3\text{V}$ 时的典型值，在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
EN_{TDLY}	使能（从低到高）到栅极导通延迟	$V_{(\text{VCAP})} > V_{(\text{VCAP UVLOR})}$		75	115	μs
$t_{\text{Reverse delay}}$	反向电压检测到栅极关断延迟	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = 100\text{mV}$ 至 -100mV		0.5	0.75	μs
$t_{\text{Forward recovery}}$	正向电压检测到栅极导通延迟	$V_{(\text{ANODE})} - V_{(\text{CATHODE})} = -100\text{mV}$ 至 700mV		1.4	2.6	μs
$t_{\text{FETGOOD_ASSERT(DLY)}}$	FETGOOD 置为有效延迟	$V_{\text{ANODE}} - V_{\text{CATHODE}} > 200\text{mV}$ 或 $\text{VCAP} < \text{VCAP_UVLO}$ 至 FETGOOD ↓		40	60	us
$t_{\text{FETGOOD_DEASSERT(DLY)}}$	FETGOOD 置为无效延迟	$V_{\text{ANODE}} - V_{\text{CATHODE}} < 200\text{mV}$ 且 $\text{VCAP} > \text{VCAP_UVLO}$ 至 FETGOOD ↑		5		us

6.7 典型特性

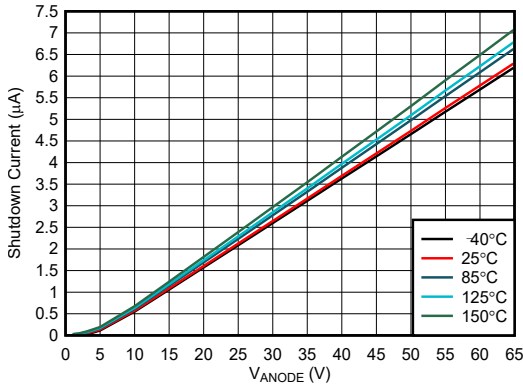


图 6-1. 关断电源电流与电源电压间的关系

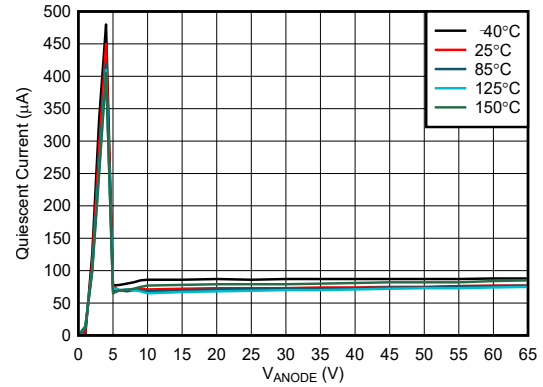


图 6-2. 工作静态电流与电源电压间的关系

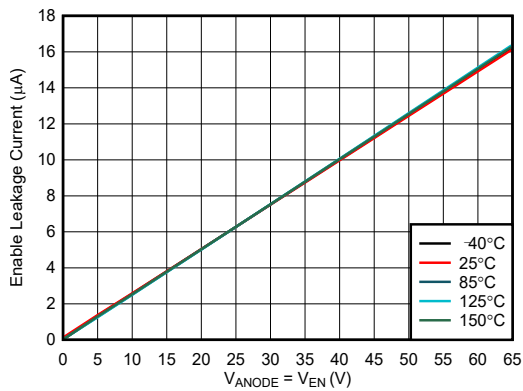


图 6-3. 使能灌电流与电源电压间的关系

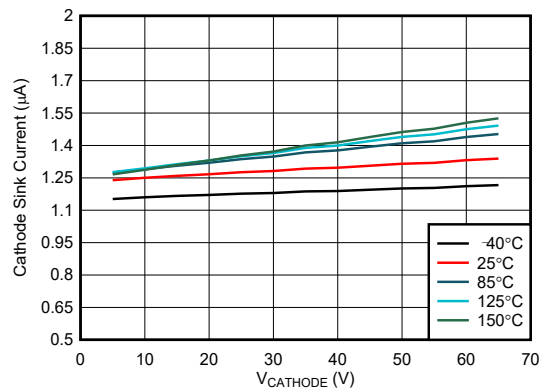


图 6-4. CATHODE 灌电流与电源电压间的关系

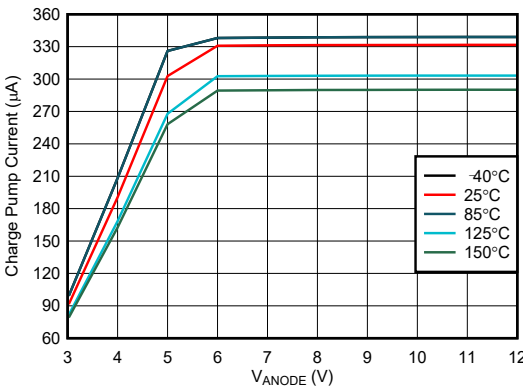


图 6-5. $V_{\text{CAP}} = 6\text{V}$ 时电荷泵电流与电源电压间的关系

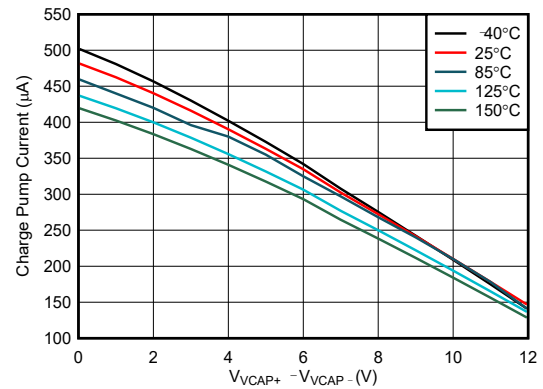


图 6-6. $V_{\text{ANODE}} \geq 12\text{V}$ 时的电荷泵 V-I 特性

6.7 典型特性 (续)

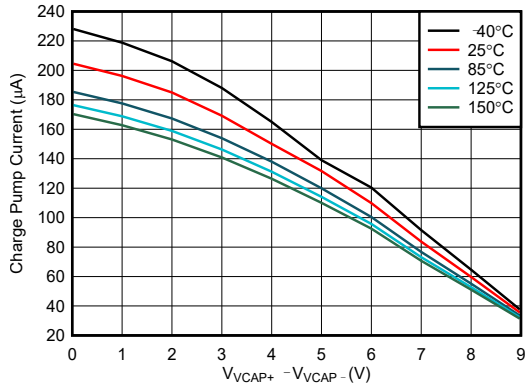


图 6-7. ANODE = 3.2V 时的电荷泵 V-I 特性

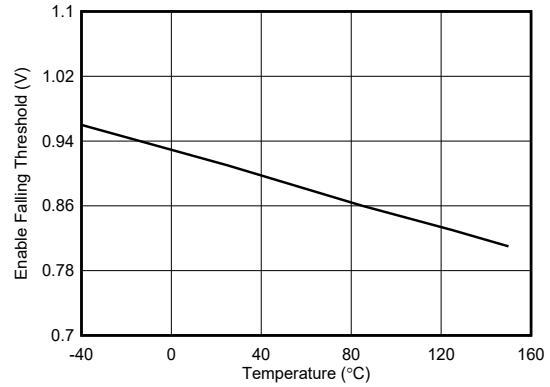


图 6-8. 使能下降阈值与温度间的关系

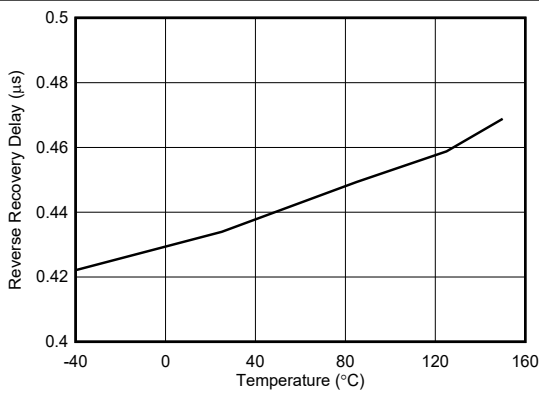


图 6-9. 反向电流阻断延迟与温度间的关系

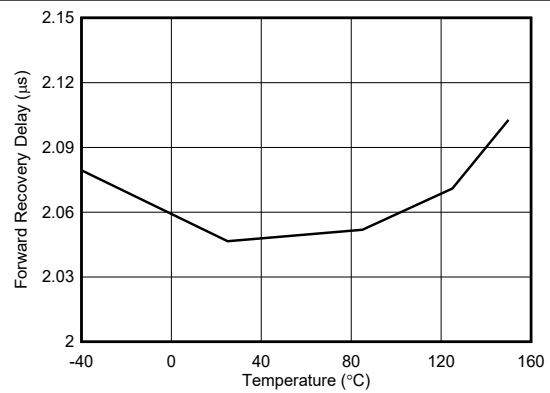


图 6-10. 正向恢复延迟与温度间的关系

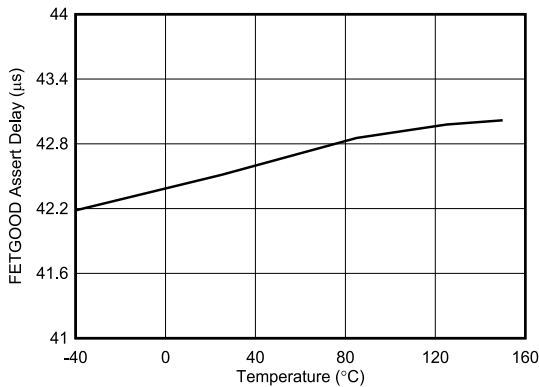


图 6-11. FETGOOD 置为有效延迟

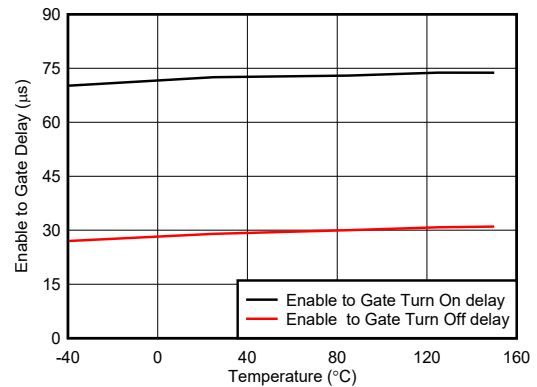


图 6-12. 使能至栅极延迟与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)

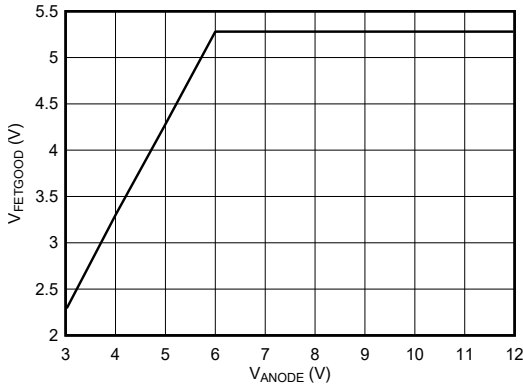


图 6-13. LM74703-Q1 FETGOOD 输出电平 (推挽型)

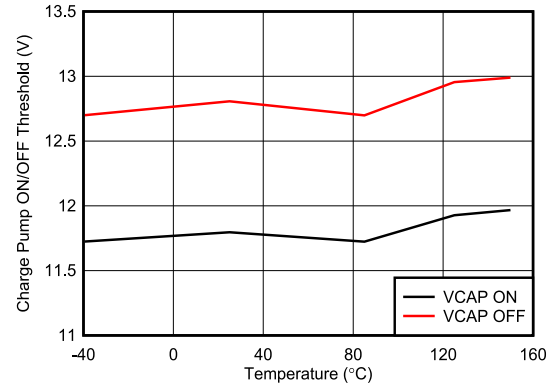


图 6-14. 电荷泵 ON/OFF 阈值与温度间的关系

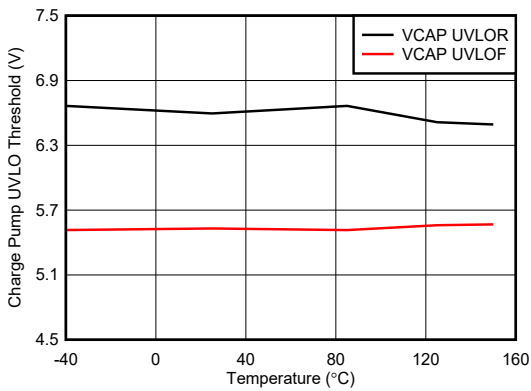


图 6-15. 电荷泵 UVLO 阈值与温度间的关系

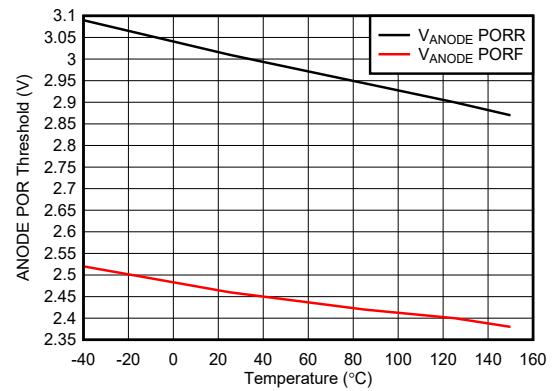


图 6-16. ANODE POR 阈值与温度间的关系

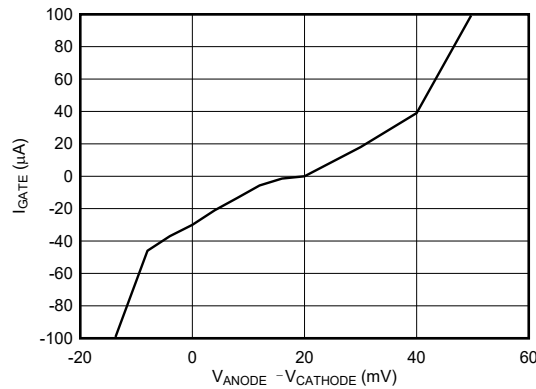


图 6-17. 栅极电流与正向压降间的关系

7 参数测量信息

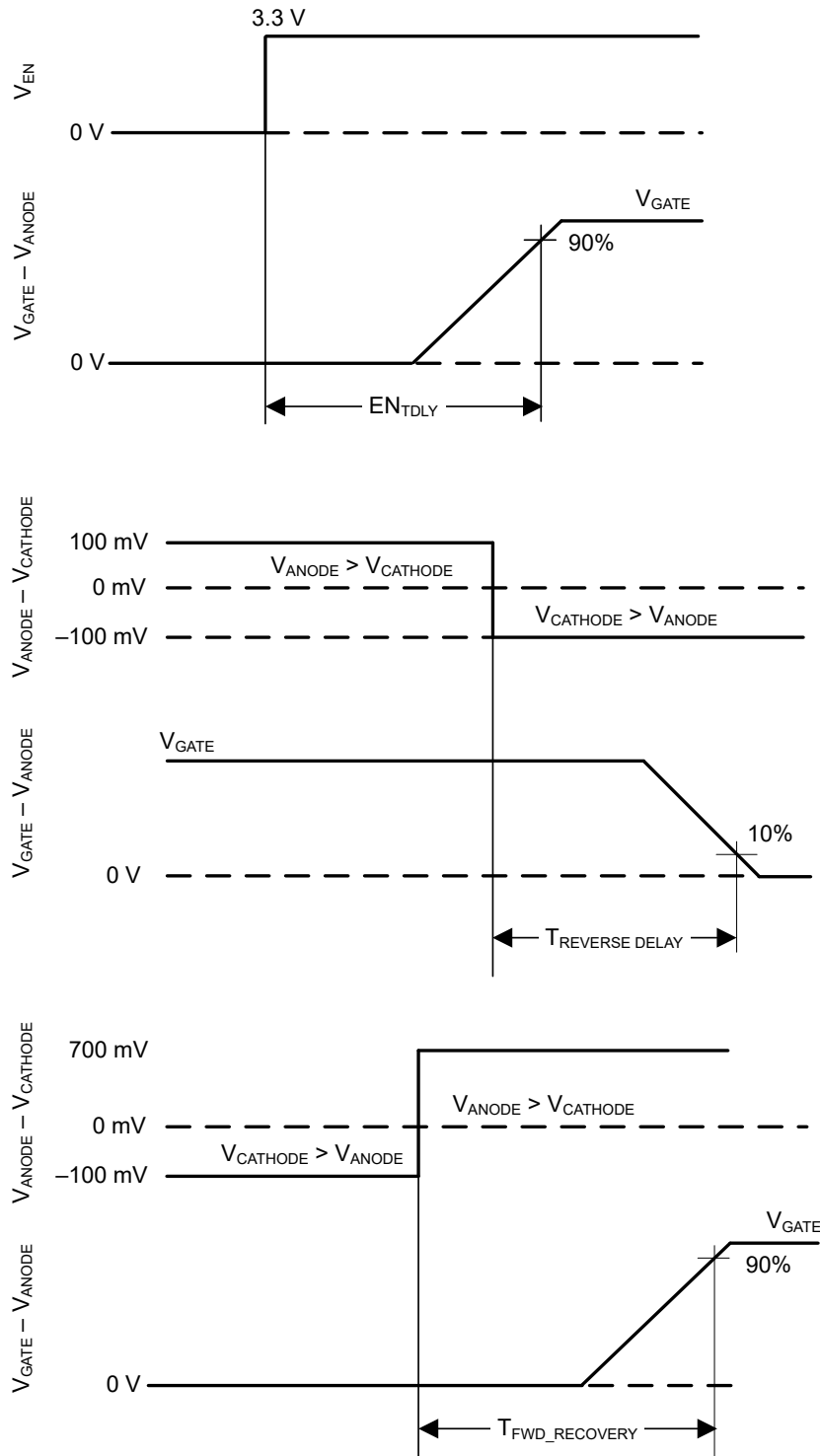


图 7-1. 时序波形

8 详细说明

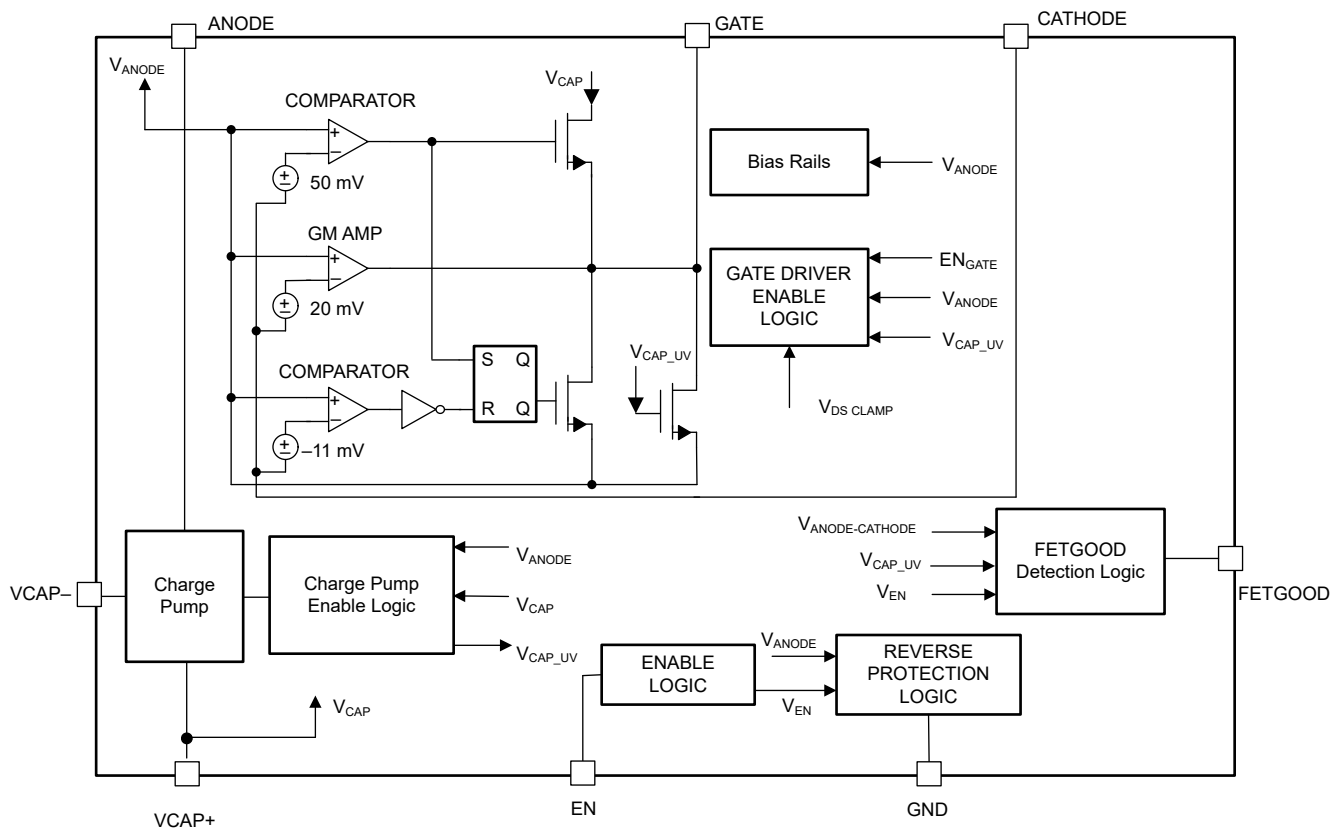
8.1 概述

LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 理想二极管控制器具有实现高效、快速反极性保护电路所需的所有功能。该器件可用于 ORing 配置，同时更大限度地减少外部元件的数量。这款易于使用的理想二极管控制器与外部 N 沟道 MOSFET 配合使用，可替代其他反极性方案，例如 P 沟道 MOSFET 或肖特基二极管。内部电荷泵将外部 N 沟道 MOSFET 驱动至大约 12V 的最大栅源驱动电压。在 ANODE 和 CATHODE 引脚之间持续监测 MOSFET 两端的压降，并且根据需要调整 GATE 至 ANODE 引脚电压，以便将正向压降调节为 20mV。该闭环调节方案可在反向电流事件中支持 MOSFET 平稳关断，并提供零直流反向电流。当 ANODE 和 CATHODE 引脚上的电压降至 -11mV 以下时，检测到快速反向电流情况。此行为会将 GATE 引脚从内部连接到 ANODE 引脚，从而关闭外部 N 沟道 MOSFET，并使用体二极管阻断任何反向电流。使能引脚 EN 可用于将 LM74703-Q1 置于关断模式，从而禁用 N 沟道 MOSFET 并更大限度地减小静态电流。

LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 通过 FETGOOD 引脚提供外部 FET 运行状况监控功能。该器件可在上电期间监控外部 FET 漏源短路或开路情况，并在诊断外部 FET 故障条件时将 FETGOOD 引脚拉至低电平。

对于汽车照明等汽车应用，面向外部的摄像头模块通常需要在高达几千兆赫 (GHz) 的频段中实现低传导和辐射发射。图 9-13 LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 在高频频段中可实现低发射，因此非常适合高频频段中的发射是一项关键考量因素的应用。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 输入电压

ANODE 引脚用于为 LM74703-Q1、LM74704-Q1 的内部电路供电，启用时通常消耗 80 μ A 电流，禁用时消耗 1 μ A 电流。如果 ANODE 引脚电压大于 POR 上升阈值，则 LM74703-Q1 会根据 EN 引脚电压在关断模式或导通模式下运行。ANODE 到 GND 的电压介于 -65V 和 65V 之间，从而使该器件能够承受瞬态负电压。

8.3.2 电荷泵

电荷泵提供驱动外部 N 沟道 MOSFET 所需的电压。在 VCAP+ 和 VCAP- 引脚之间放置一个外部电荷泵电容器，可以提供能量来导通外部 MOSFET。为了使电荷泵向外部电容器提供电流，EN 引脚电压必须高于指定的输入高电平阈值 $V_{(EN_IH)}$ 。电荷泵启用后，可提供典型值为 300 μ A 的充电电流。如果 EN 引脚被拉至低电平，则电荷泵保持禁用状态。为确保可将外部 MOSFET 驱动至高于其指定阈值电压，在启用内部栅极驱动器之前，VCAP+ 至 VCAP- 的电压必须高于欠压锁定阈值（通常为 6.6V）。使用方程式 1 可以计算初始栅极驱动器使能延迟。

$$T_{DRV_EN} = 75 \mu s + C_{VCAP} \times \frac{V_{VCAP_UVLOR}}{300 \mu A} \quad (1)$$

其中

- $C_{(VCAP)}$ 是连接在 ANODE 和 VCAP 引脚之间的电荷泵电容
- $V_{(VCAP_UVLOR)} = 6.6V$ (典型值)

为消除栅极驱动器上的任何抖动，可将大约 900mV 的迟滞添加到 VCAP 欠压锁定。电荷泵保持启用状态，直到 VCAP+ 至 VCAP- 的电压达到 13V (典型值)，此时电荷泵通常处于禁用状态，从而减少 ANODE 引脚上的电流消耗。电荷泵保持禁用状态，直到 VCAP+ 至 VCAP- 的电压低于 12.1V (典型值)，从而启用电荷泵。VCAP+ 至 VCAP- 之间的电压继续在 12.1V 和 13V 之间充电和放电，如图 8-1 所示。通过启用和禁用电荷泵，可降低 LM74703-Q1 的工作静态电流。当电荷泵处于禁用状态时，灌电流为 5 μ A。

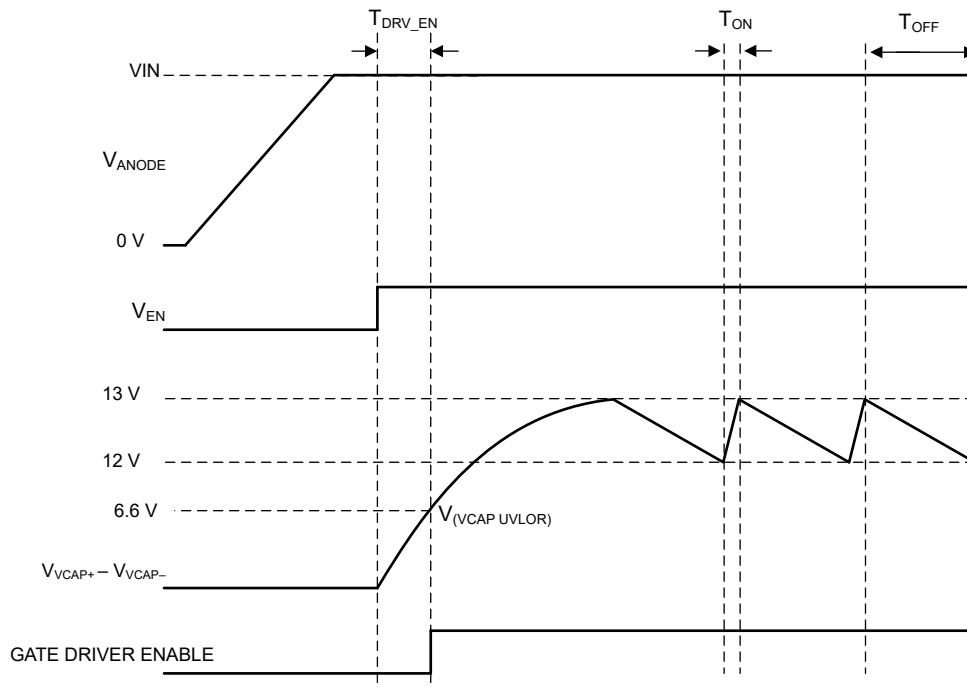


图 8-1. 电荷泵运行情况

8.3.3 栅极驱动器

栅极驱动器用于控制外部 N 沟道 MOSFET，方法是将 GATE 到 ANODE 的电压设置为相应的运行模式。根据 ANODE 至 CATHODE 电压，栅极驱动器有三种定义的运行模式，即正向调节、完全导通模式和反向电流保护。[稳压导通模式](#)、[完全导通模式](#) 和 [反向电流保护模式](#) 部分中更详细地介绍了正向调节模式、完全导通模式和反向电流保护模式。图 8-2 描绘了运行模式如何根据 LM74703-Q1 的 ANODE 至 CATHODE 电压而变化。当 ANODE 至 CATHODE 电压为 50mV 时，会达到正向调节模式和导通模式之间的阈值。当 ANODE 至 CATHODE 引脚电压为 -11mV 时，会达到正向调节模式和反向电流保护模式之间的阈值。

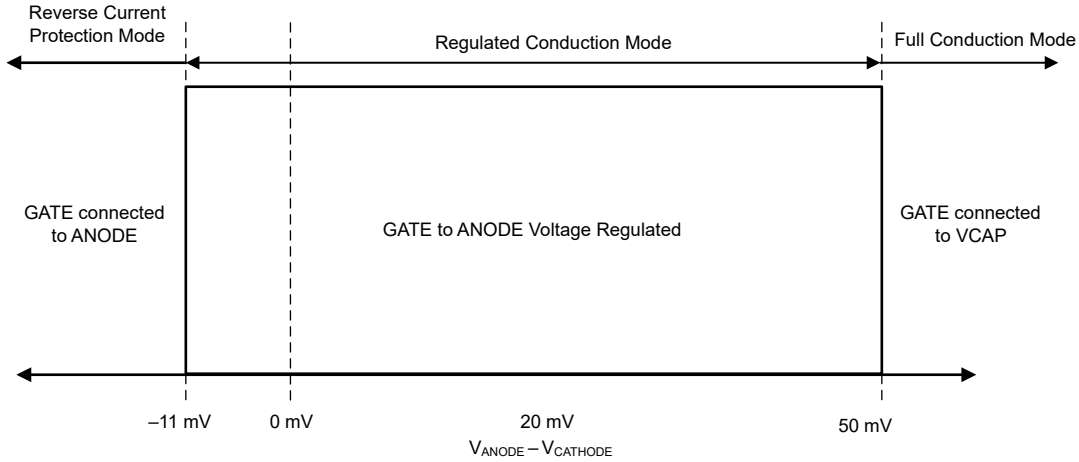


图 8-2. 栅极驱动器模式转换

启用栅极驱动器之前，必须满足以下三个条件：

- EN 引脚电压必须大于指定的输入高电压。
- VCAP+ 至 VCAP- 电压必须大于欠压锁定电压。
- ANODE 电压必须大于 V_{ANODE} POR 上升阈值。

如果未达到上述条件，则 GATE 引脚从内部连接到 ANODE 引脚，确保外部 MOSFET 被禁用。一旦满足这些条件，栅极驱动器即会根据 ANODE 至 CATHODE 引脚电压以正确的模式运行。

8.3.4 使能

LM74703-Q1 具有使能引脚 EN。该使能引脚允许通过外部信号启用或禁用栅极驱动器。如果 EN 引脚电压大于上升阈值，则栅极驱动器和电荷泵将按照 [栅极驱动器](#) 和 [电荷泵](#) 部分中的说明运行。如果使能引脚电压低于输入低电平阈值，则将禁用电荷泵和栅极驱动器，从而将 LM74703-Q1 置于关断模式。EN 引脚可承受高达 65V 和低至 -65V 的电压。该范围支持将 EN 引脚直接连接到 ANODE 引脚（如果不需要使能功能）。在 EN 保持悬空的情况下，3uA 的内部灌电流会将 EN 引脚拉低并禁用器件。

8.3.5 FET 状态指示 (FETGOOD)

LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 具有 FETGOOD 引脚，可用于检测外部 MOSFET 运行状况，例如 MOSFET 短路或开路。该器件监测外部 MOSFET 源极至漏极压降，以决定 MOSFET 状态为 MOSFET 开路或 MOSFET 短路情况。每当检测到 MOSFET 故障条件时，FETGOOD 引脚就会被拉低。

执行 MOSFET 源极到漏极短路检测，并在每次启动事件（ANODE 斜升或 EN 引脚从低电平变为高电平）时指示状态。为了使 MOSFET 源极到漏极检测正常工作，在执行外部 MOSFET 短路诊断之前，器件 ANODE 引脚电压必须比 CATHODE 引脚电压高 200mV。

对于理想二极管配置，当控制器关闭时，输出负载始终通过外部 MOSFET 的体二极管供电。在开启下游负载之前，必须检测外部 MOSFET 是否完全导通，以避免大电流流经 MOSFET 的体二极管，否则会损坏 MOSFET。出现这种情况可能是由于栅极电压在特定故障条件下未施加到 MOSFET 栅极引脚，例如因 PCB 制造缺陷而导致 MOSFET 栅极引脚断开。LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 会监控外部 MOSFET 源极到漏极的压降，并在该压降高于 200mV 时将 FETGOOD 引脚拉至低电平，即使向 MOSFET 施加栅极电压也是如此。此行为有助于系统在启动期间（即使在启用理想二极管控制器时）监测并使用 FETGOOD 引脚指示 MOSFET 开路故障，以便在系统级决定关闭下游负载，从而避免大负载电流流经 MOSFET 的体二极管。MOSFET 开路检测可在器件启动期间以及正常运行期间使用。

如果电荷泵电压低于电荷泵 UVLO 阈值 6.6V，则 FETGOOD 引脚也会被拉低，以指示栅极驱动电压不足以完全增强 MOSFET。

LM74703-Q1 具有推挽 FETGOOD 输出，可支持系统启动时不存在外部上拉或偏置电压。

LM74704-Q1 具有开漏 FETGOOD 输出。FETGOOD 引脚必须通过上拉电阻器拉至外部偏置电压。必须选择外部上拉电阻器，使通过 FETGOOD 下拉开关的电流小于 1mA，以保持在建议的运行条件下。

不使用时，FETGOOD 引脚必须保持悬空。

8.4 器件功能模式

8.4.1 关断模式

当 EN 引脚电压低于指定的输入低电平阈值 $V_{(EN_IL)}$ 时，LM74703-Q1 进入关断模式。在关断模式下，栅极驱动器和电荷泵都被禁用。在关断模式期间，LM74703-Q1 进入低 I_Q 运行状态，ANODE 引脚仅灌入 $1\mu A$ 电流。当 LM74703-Q1 处于关断模式时，流经外部 MOSFET 的正向电流不会中断，而是通过 MOSFET 的体二极管传导。

8.4.2 导通模式

当栅极驱动器被启用时，会出现导通模式。根据 LM74703-Q1 的 ANODE 至 CATHODE 引脚电压，在导通模式下有三个工作区域。这三种模式中的每一种都在 [稳压导通模式](#)、[完全导通模式](#) 和 [反向电流保护模式](#) 部分中进行了介绍。

8.4.2.1 稳压导通模式

为了使 LM74703-Q1 在稳压导通模式下运行，必须按照 [栅极驱动器](#) 部分中的说明启用栅极驱动器，并且外部 MOSFET 从源极到漏极的电流必须在指定范围内，从而使 ANODE 至 CATHODE 引脚的压降为 $-11mV$ 至 $50mV$ 。在正向调节模式下，通过调节 GATE 至 ANODE 引脚电压，ANODE 至 CATHODE 引脚电压可调节至 $20mV$ 。该闭环调节方案可在极轻负载时提供 MOSFET 平稳关断，并提供零直流反向电流。

8.4.2.2 完全导通模式

为了使 LM74703-Q1 在完全导通模式下运行，必须按照 [栅极驱动器](#) 部分所述启用栅极驱动器，并且外部 MOSFET 从源极到漏极的电流必须足够大，从而使 ANODE 至 CATHODE 引脚的压降大于 $50mV$ 典型值。如果满足这些条件，GATE 引脚会在内部连接到 VCAP 引脚，从而使 GATE 到 ANODE 的引脚电压与 VCAP 到 ANODE 的电压大致相同。通过将 VCAP 连接到 GATE 引脚，可更大限度地减小外部 MOSFET 的 $R_{DS(ON)}$ ，从而在正向电流较大时降低外部 MOSFET 的功率损耗。

8.4.2.3 反向电流保护模式

为了使 LM74703-Q1 在反向电流保护模式下运行，必须按照 [栅极驱动器](#) 部分中的说明启用栅极驱动器，并且外部 MOSFET 的电流必须从漏极流向源极。当 ANODE 至 CATHODE 引脚电压通常小于 $-11mV$ 时，将进入反向电流保护模式，GATE 引脚在内部连接到 ANODE 引脚。连接 GATE 至 ANODE 引脚会禁用外部 MOSFET。MOSFET 的体二极管可阻止任何反向电流从漏极流向源极。

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

9.1 应用信息

LM74703-Q1、LM74704-Q1 与 N 沟道 MOSFET 控制器搭配用于典型的反极性保护应用。图 9-1 中显示了 12V 电池保护应用的原理图，其中 LM74703-Q1、LM74704-Q1 与电池串联使用以驱动 MOSFET Q1。LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 不需要外部 TVS 二极管即可运行，但 TVS 二极管用于钳制正负电压浪涌。建议使用输出电容 C_{OUT} 来防止线路干扰导致的输出电压崩溃。

9.2 典型应用

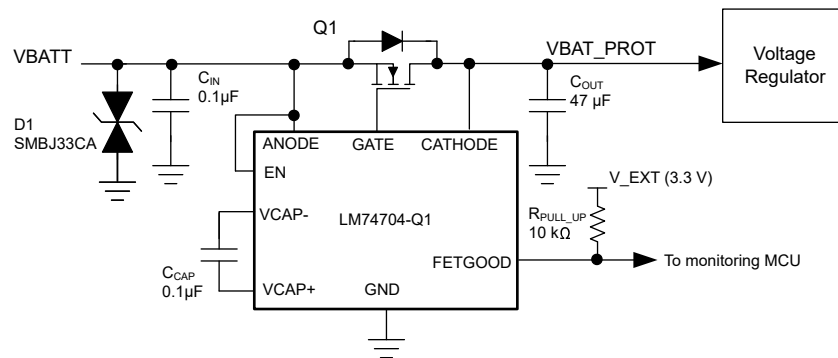


图 9-1. 典型应用电路

9.2.1 设计要求

提供了一个设计示例，表 9-1 中列出了系统设计参数。

表 9-1. 设计参数

设计参数	示例值
输入电压范围	12V 电池，12V 标称值，3.2V 冷启动，35V 负载突降
输出电压	冷启动期间 3.2V，负载突降期间 35V
输出电流范围	3A 标称值，6A 最大值
输出电容	最小值 1µF，可选 47µF 保持电容
汽车 EMC 合规性	ISO 7637-2 和 ISO 16750-2

9.2.2 详细设计过程

9.2.2.1 设计注意事项

- 输入工作电压范围，包括冷启动和负载突降情况
- 标称负载电流和最大负载电流

9.2.2.2 MOSFET 选型

重要的 MOSFET 电气参数包括最大连续漏极电流 I_D 、最大漏源电压 $V_{DS(MAX)}$ 、通过体二极管的最大源极电流和漏源导通电阻 $R_{DS(ON)}$ 。

最大持续漏极电流 I_D 额定值必须超过最大持续负载电流。最大漏源电压 $V_{DS(MAX)}$ 必须足够高，以便承受应用中所见的最高差分电压，包含任何预期故障条件。建议将电压等级为 60V 最大值的 MOSFET 与 LM74704-Q1 搭配使

用，因为 ANODE 和 CATHODE 引脚最大电压额定值为 65V。LM74704-Q1 可驱动的最大 V_{GS} 为 13V，因此必须选择 V_{GS} 最小值为 15V 的 MOSFET。如果选择了 V_{GS} 额定值小于 15V 的 MOSFET，则可以使用齐纳二极管将 V_{GS} 钳位到安全电平。启动期间，浪涌电流会流过体二极管，为输出端的大容量保持电容器充电。流经体二极管的最大拉电流必须高于应用中可以看到的浪涌电流。

为了减少 MOSFET 传导损耗，应尽可能降低 $R_{DS(ON)}$ ，但根据低 $R_{DS(ON)}$ 选择 MOSFET 可能并非总能如愿。更高的 $R_{DS(ON)}$ 可在更低反向电流级别为 LM74704-Q1 反向比较器提供更高电压信息。随着 $R_{DS(ON)}$ 的增加，反向电流检测效果更好。建议在标称负载条件下以稳压导通模式运行 MOSFET，并选择 $R_{DS(ON)}$ ，以便在标称工作电流下，正向压降 V_{DS} 接近 20mV 调节点且不超过 50mV。

原则上，选择 $(20\text{mV} / I_{\text{Load(Nominal)}}) \leq R_{DS(ON)} \leq (50\text{mV} / I_{\text{Load(Nominal)}})$ 。

MOSFET 制造商通常指定 V_{GS} 为 4.5V 和 V_{GS} 为 10V 的 $R_{DS(ON)}$ 。当 V_{GS} 低于 4.5V 时， $R_{DS(ON)}$ 会大幅增加；当 V_{GS} 接近 MOSFET V_{th} 时， $R_{DS(ON)}$ 最高。为了在轻负载条件下实现稳定调节，建议在 V_{GS} 接近 4.5V（即远高于 MOSFET 栅极阈值电压）时运行 MOSFET。建议选择典型栅极阈值电压 V_{th} 为 2V 至 2.5V 的 MOSFET。选择较低 V_{th} MOSFET 也会缩短导通时间。

根据设计要求，首选 MOSFET 额定值为：

- 60V $V_{DS(MAX)}$ 和 $\pm 20\text{V } V_{GS(MAX)}$
- 3A 标称电流下的 $R_{DS(ON)}$ ： $(20\text{mV} / 3\text{A}) \leq R_{DS(ON)} \leq (50\text{mV} / 3\text{A}) = 6.67\text{m}\Omega \leq R_{DS(ON)} \leq 16.67\text{m}\Omega$
- MOSFET 栅极阈值电压 v_{th} ：2 V（典型值）

必须根据 MOSFET 的预期最大功率耗散来考虑 MOSFET 的热阻，确保结温 (T_J) 得到良好控制。

9.2.2.3 电荷泵 VCAP、输入和输出电容

电荷泵 VCAP 所需的最小电容以及输入和输出电容为：

- VCAP：至少需要 0.1 μF ；VCAP 的建议值 (μF) $\geq 10 \times C_{ISS(MOSFET)}(\mu\text{F})$ 。
- C_{IN} ：输入电容的最小值为 22nF
- C_{OUT} ：输出电容的最小值为 100nF

9.2.2.4 适合 12V 电池保护应用的 TVS 二极管选型

TVS 二极管在汽车系统中用于瞬态保护。在图 9-2 所示的 12V 电池保护应用电路中，双向 TVS 二极管用于防止汽车正常运行期间出现的正负瞬态电压。这些瞬态电压电平和脉冲在 ISO 7637-2 和 ISO 16750-2 标准中进行了规定。

TVS 的两个重要规格是击穿电压和钳位电压。与齐纳二极管类似，击穿电压是 TVS 二极管进入雪崩时的电压，其额定电流低（典型值为 1mA）。击穿电压必须高于系统中最坏情况下的稳态电压。TVS+ 的击穿电压必须高于 24V 快速启动电压和 35V 抑制负载突降电压，并小于 LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 的最大额定电压 (65V)。TVS- 的击穿电压必须超过最大电池反向电压 - 16V，以免 TVS- 因长时间接触反接电池而受损。

钳位电压是 TVS 二极管在大电流脉冲情况下钳位的电压。该电压远高于击穿电压。TVS 二极管用于钳制瞬态脉冲，不得干扰稳态运行。在 ISO 7637-2 脉冲 1 的情况下，当发生器阻抗为 10 Ω 时，输入电压可上升至 - 150V。此行为意味着流经 TVS- 的电流为 15A，且 TVS 两端的电压接近于钳位电压。

9.2.2.5 适合 24V 电池保护应用的 TVS 二极管和 MOSFET 选型

图 9-3 所示为典型的 24V 电池保护应用电路。该电路使用两个单向 TVS 二极管来防止受到正负瞬态电压的影响。

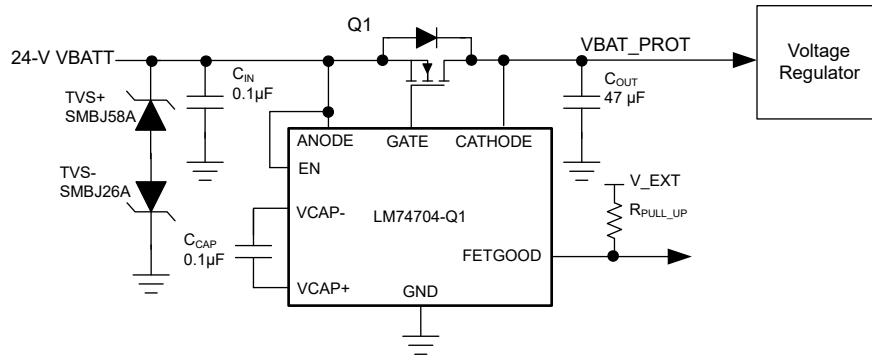


图 9-3. 通过两个单向 TVS 实现典型的 24V 电池保护

TVS+ 的击穿电压必须高于 48V 快速启动电压，低于 LM74703-Q1 和 LM74704-Q1 阳极和使能引脚的绝对最大额定值 (65V)，并且必须承受 65V 抑制负载突降。TVS- 的击穿电压必须低于最大电池反向电压 - 32V，以免 TVS- 因长时间接触反接电池而受损。

在 ISO 7637-2 脉冲 1 期间，当发生器阻抗为 50Ω 时，输入电压可上升至 - 600V。此行为意味着流经 TVS- 的电流为 12A。TVS- 的钳位电压不能与 12V 电池保护电路的钳位电压相同，因为在 ISO 7637-2 脉冲期间，ANODE 至 CATHODE 引脚电压等于 (-TVS 钳位电压 + 输出电容器电压)。对于 24V 电池应用，最大电池电压为 32V，这表明 TVS- 的钳位电压不得超过 75V - 32V = 43V。

单路双向 TVS 不能用于 24V 电池保护，因为 TVS+ 的击穿电压 ≥ 65V，最大钳位电压 ≤ 43V，钳位电压不能小于击穿电压。需要在输入端使用两个背对背连接的单向 TVS。对于正极侧 TVS+，建议使用击穿电压为 64.4V (最小值)、67.8V (典型值) 的 SMBJ58A。对于负极侧 TVS-，建议使用击穿电压接近 32V (可承受最大电池反向电压 - 32V)、最大钳位电压为 42.1V 的 SMBJ26A。

对于 24V 电池保护，建议使用额定电压为 75V 的 MOSFET，并搭配使用在输入端背对背连接的 SMBJ26A 和 SMBJ58A。

9.2.3 应用曲线

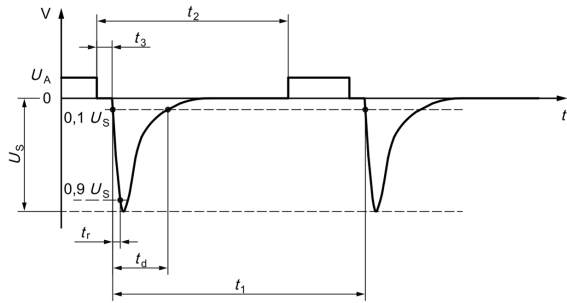
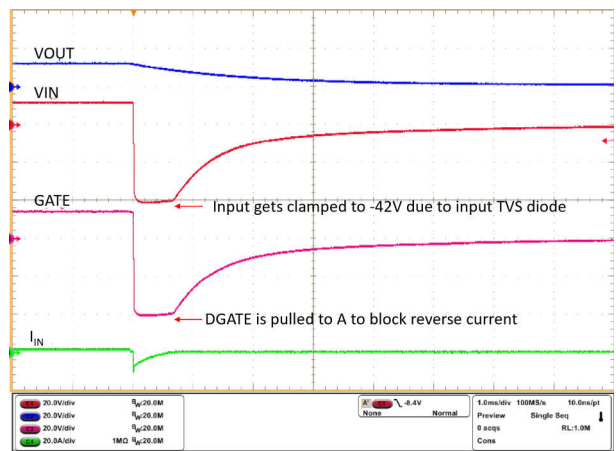
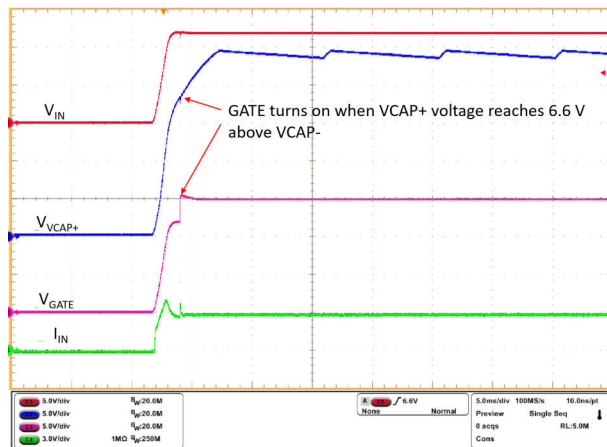


图 9-4. ISO 7637-2 脉冲 1



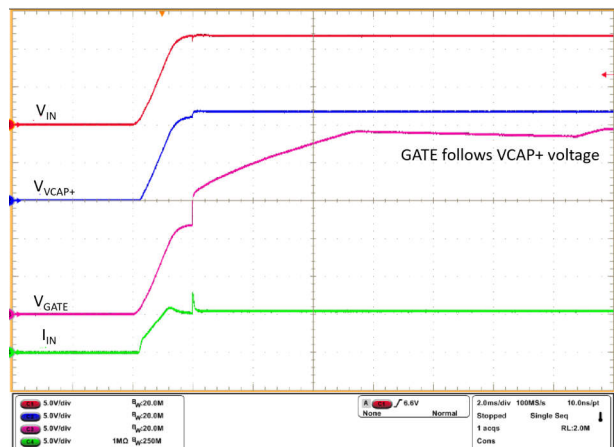
时间 (1 ms/格)

图 9-5. 对 ISO 7637-2 脉冲 1 的响应



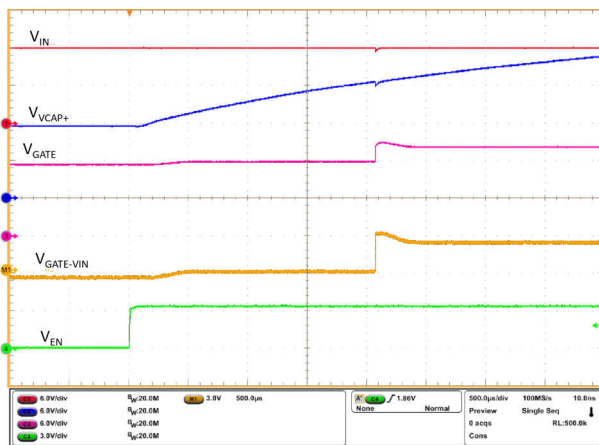
时间 (5 ms/格)

图 9-6. 在 3A 负载下启动



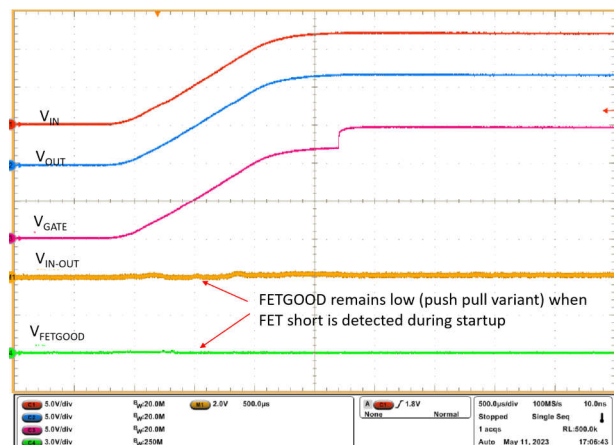
时间 (2 ms/格)

图 9-7. 在 5.8A 负载下启动



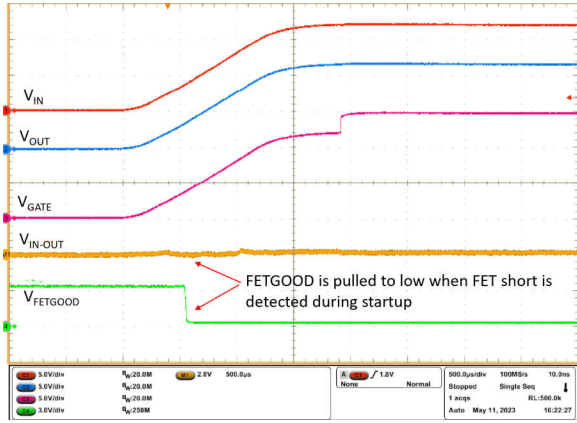
时间 (0.5 ms/格)

图 9-8. 通过 EN 切换启动器件



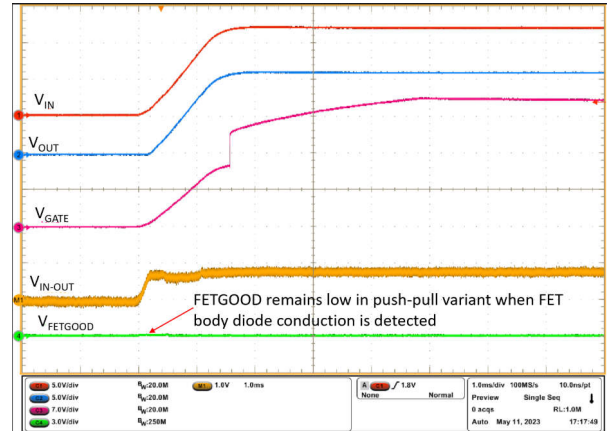
时间 (0.5 ms/格)

图 9-9. 启动期间发生 FET 短路时的 FETGOOD (LM74703-Q1)



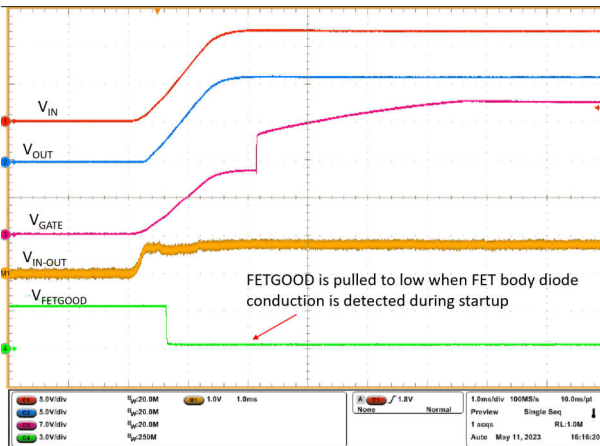
时间 (0.5 ms/格)

图 9-10. 启动期间发生 FET 短路时的 FETGOOD (LM74704-Q1)



时间 (1 ms/格)

图 9-11. 启动期间发生 FET 关断或 GATE 引脚开路时的 FETGOOD (LM74703-Q1)



时间 (1 ms/格)

图 9-12. 启动期间发生 FET 关断或 GATE 引脚开路时的 FETGOOD (LM74704-Q1)

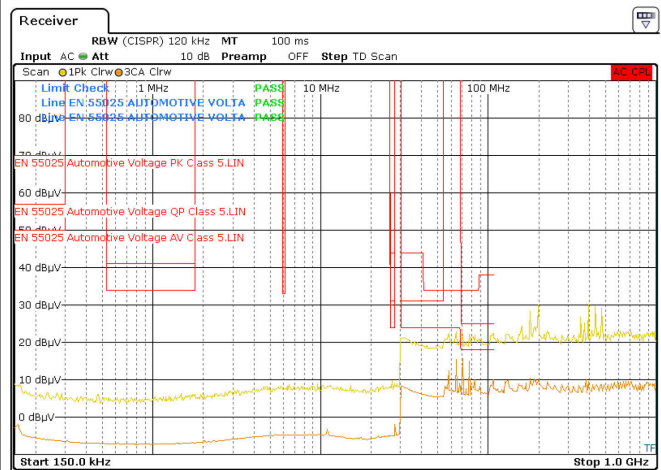


图 9-13. LM74703-Q1、LM74704-Q1 传导 EMI 性能 (150kHz 至 1GHz)

9.3 电源建议

LM74703-Q1、LM74704-Q1 理想二极管控制器适用于 $3.2V \leq V_{ANODE} \leq 65V$ 的电源电压范围。如果输入电源距离器件不止几英寸，建议使用高于 100nF 的输入陶瓷旁路电容器。为了防止 LM74703-Q1 和周围元件在直接输出短路的情况下损坏，需要使用具有过载和短路保护的电源。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

- 将 LM74703-Q1、LM74704-Q1 的 ANODE、GATE 和 CATHODE 引脚连接到靠近 MOSFET 源极、栅极和漏极引脚的位置。
- 该设计的高电流路径通过 MOSFET，因此务必为 MOSFET 的源极和漏极使用粗布线，以便更大限度地降低电阻损耗，这非常重要。
- VCAP+ 和 VCAP- 引脚上的电荷泵电容器必须远离 MOSFET，来降低对电容值的热影响。
- 必须用较短的布线将 LM74703-Q1、LM74704-Q1 的 GATE 引脚连接到 MOSFET 栅极。避免使用过细而长的布线连接到栅极驱动器。
- 使 GATE 引脚靠近 MOSFET，以避免由于布线电阻而增加 MOSFET 关断延迟。
- 使用替代布局方案也许能够获得可接受的性能；不过，[布局示例](#)中显示的布局可用作指南，且效果良好。

9.4.2 布局示例

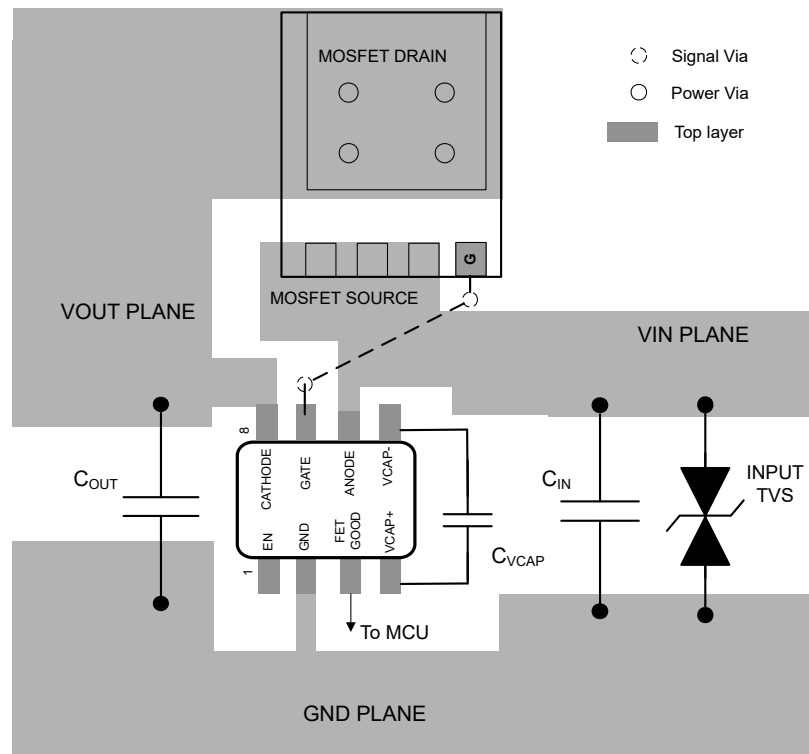


图 9-14. LM74703-Q1 DDF 封装示例布局

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

德州仪器 (TI), [LM74704Q1EVM : LM74704-Q1 和 LM74703-Q1 理想二极管控制器评估模块](#) 产品页面

10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知, 请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册, 即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息, 请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料, 可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题, 获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范, 并且不一定反映 TI 的观点; 请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

10.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序, 可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级, 大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏, 这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

注: 以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (May 2023) to Revision A (December 2023)	Page
• 将文件状态从 <i>预告信息</i> 更改为 <i>量产数据</i>	1

12 机械、封装和可订购信息

下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更, 恕不另行通知, 且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本, 请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead finish/ Ball material (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
LM74703QDDFRQ1	ACTIVE	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	RoHS & Green	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	L703Q	Samples
LM74704QDDFRQ1	ACTIVE	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	RoHS & Green	Call TI	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	L704Q	Samples
PLM74703QDDFRQ1	ACTIVE	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	TBD	Call TI	Call TI	-40 to 125		Samples
PLM74704QDDFRQ1	ACTIVE	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	TBD	Call TI	Call TI	-40 to 125		Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".

RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and

continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LM74703QDDFRQ1	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	180.0	8.4	3.2	3.1	1.25	4.0	8.0	Q3
LM74704QDDFRQ1	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	180.0	8.4	3.2	3.1	1.25	4.0	8.0	Q3

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LM74703QDDFRQ1	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	210.0	185.0	35.0
LM74704QDDFRQ1	SOT-23-THIN	DDF	8	3000	210.0	185.0	35.0

DDF0008A



PACKAGE OUTLINE

SOT-23-THIN - 1.1 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



4222047/E 07/2024

NOTES:

- All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
- This drawing is subject to change without notice.
- This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

DDF0008A

SOT-23-THIN - 1.1 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X



SOLDER MASK DETAILS

4222047/E 07/2024

NOTES: (continued)

- 4. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
- 5. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DDF0008A

SOT-23-THIN - 1.1 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:15X

4222047/E 07/2024

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
7. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司