

## LM5122 Bypass 功能丢失现象分析及解决

Oliver Ou

Power Management Products/Filed Applications

### 摘要

LM5122 是一款支持 4.5V~65V 宽范围输入的同步升压控制芯片。在工业和汽车电子等领域被广泛的采用。在实际应用中，在某些特定的条件下，LM5122 的 Bypass 功能可能丢失。本文针对该现象，介绍了 Bypass 功能丢失的原因并提供了解决方法。

### 目录

1	LM5122 特点介绍.....	3
2	LM5122 Bypass 功能丢失及原因.....	3
	2.1 LM5122 正常的 Bypass 波形.....	3
	2.2 LM5122 Bypass 功能丢失现象.....	4
	2.3 LM5122 Bypass 功能丢失原因.....	5
3	LM5122 Bypass 丢失问题解决方法.....	6
	3.1 解决 Bypass 丢失问题的方法.....	6
	3.2 采用耦合电容带来的风险.....	9
4.	重建软启.....	10
5.	完美实现 Bypass 和软启动.....	12
6	结论.....	15
7	参考文献.....	15

### 图

图 1.	LM5122 典型应用线路.....	3
图 2.	正常的 Bypass 工作波形.....	4
图 3.	Bypass 丢失时的波形.....	5
图 4.	"Forced Diode Emulation"功能模块.....	5
图 5.	"Forced Diode Emulation"触发波形.....	6
图 6.	耦合电容连接线路.....	7
图 7.	TINA 仿真波形.....	7
图 8.	30V 输入时的 Bypass 波形.....	8
图 9.	60V 输入时的 Bypass 波形.....	9
图 10.	耦合电容导致软启动丢失波形.....	10
图 11.	通过 COMP 脚重建软启.....	11
图 12.	10V 输入时 Bypass 和重建的软启动波形.....	12
图 13.	LM5122 电压误差放大器与 PWM 比较器之间的偏置.....	13

---

图 14.	完美实现 <b>Bypass</b> 和软启动的线路.....	13
图 15.	10V 输入时完美启动波形 .....	14
图 16.	60V 输入时完美启动波形 .....	14

## 1 LM5122 特点介绍

LM5122 是一款支持多相位的同步升压控制器，此控制器用于高效同步升压应用。该控制器基于峰值电流模式控制，提供内部前馈，逐周期限流和简化的补偿电路设计。LM5122 还提供了输入欠压保护 UVLO 和可编程软启动功能，可以用作远端控制来实现必要的时序和开关机信号。该芯片内部集成了一个电荷泵，在输入电压等于或者高于输出设定电压时，该电荷泵可以直接驱动上管，从而实现 Bypass(旁路)运行。

LM5122 典型应用线路如下：

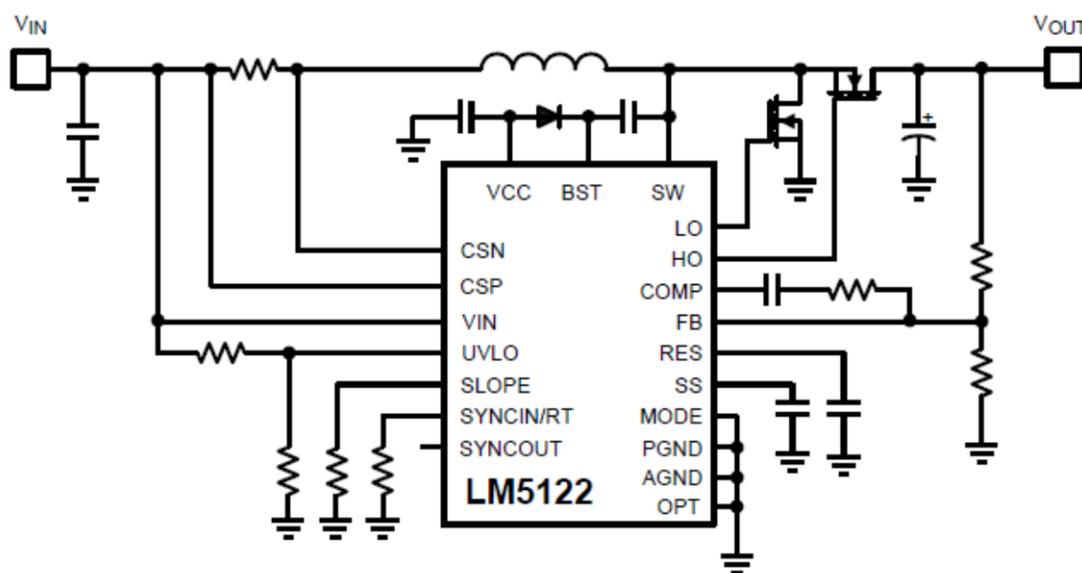


图 1 LM5122 典型应用线路

## 2 LM5122 Bypass (旁路) 功能丢失及原因

### 2.1 LM5122 正常的 Bypass 波形

按 LM5122 手册所述，当输入电压等于或者高于输出电压，如果输出电压高于 9V 并且被强制成 PWM 模式时，LM5122 将工作在 Bypass(旁路)模式。该模式可以让上管直通，从而有效的提高系统效率。

图 2 是 Bypass(旁路)模式下的典型工作波形。CH1 为输出电压  $V_o$ ; CH2 为上管的驱动 HO; CH3 为软启动脚 SS。测试条件：输入电压 40V; 输出稳压电压点设置成 28V。从下图可以看到，当输入电压小于输出电压时，LM5122 工作在 PWM 模式，上管驱动为受控的 PWM 脉冲；当输入电压上升到高于设置点 28V 时，上管由内部的充电泵驱动，保持开通状态，实现 Bypass(旁路)模式。实验可以验证，当只用输入电压来开关机时，LM5122 在推荐的工作电压(4.5V~65V)范围内，可以很好的实现 Bypass (旁路)功能。

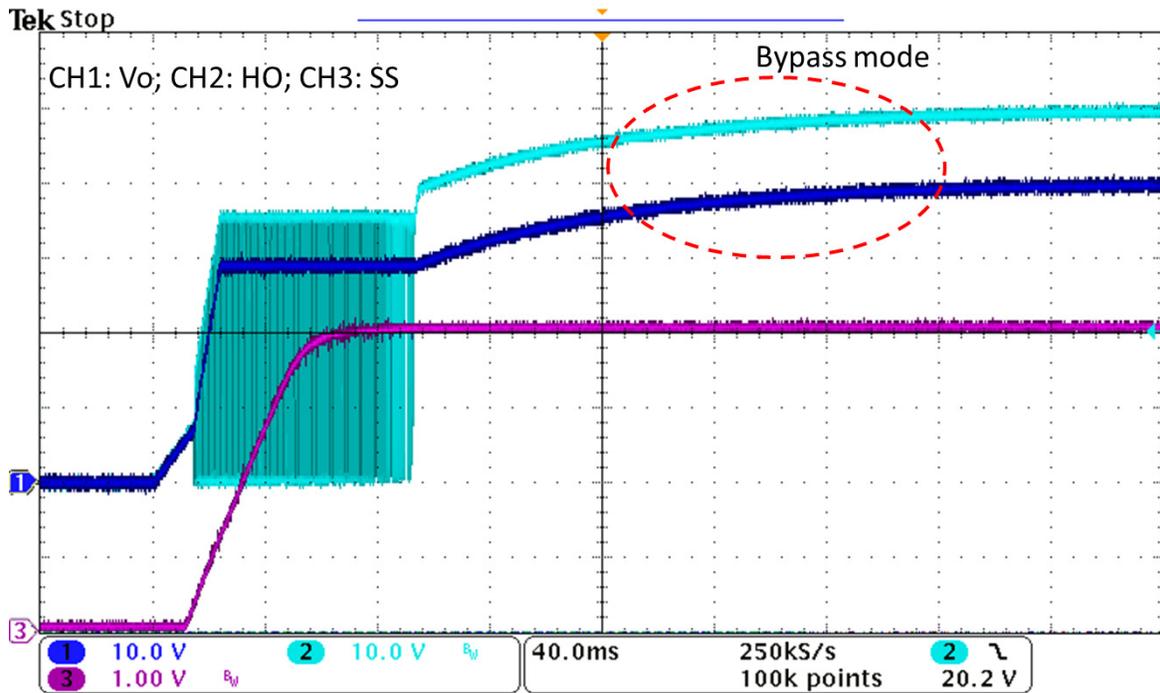


图 2 正常的 Bypass 工作波形

## 2.2 LM5122 Bypass (旁路) 功能丢失现象

在实际的应用中，由于时序或系统控制方面的需要，往往并不总是改变输入电压来实现开关机。LM5122 的输入欠压保护 UVLO 和可编程软启动 SS 可以用来接收外部信号实现开关机控制 (实际应用中建议采用 UVLO 引脚)。当 UVLO 引脚电压低于 1.2V 时，LM5122 将关闭 PWM 驱动信号。在实践中，会发现在输入电压高于输出电压时，当采用外部信号控制 UVLO 引脚来实现开关机时，Bypass(旁路)功能有时会丢失，如图 3 所示。CH1 为输出电压 Vo; CH2 为上管的驱动电压 HO; CH3 为软启动脚 SS 上的电压。测试条件：输入电压 40V, 输出稳压点设置成 28V。从下图可以清楚的看到，当软启动结束后，LM5122 的上管驱动 HO 跟输出相等，上管并没有打开，Bypass(旁路)功能没有实现。

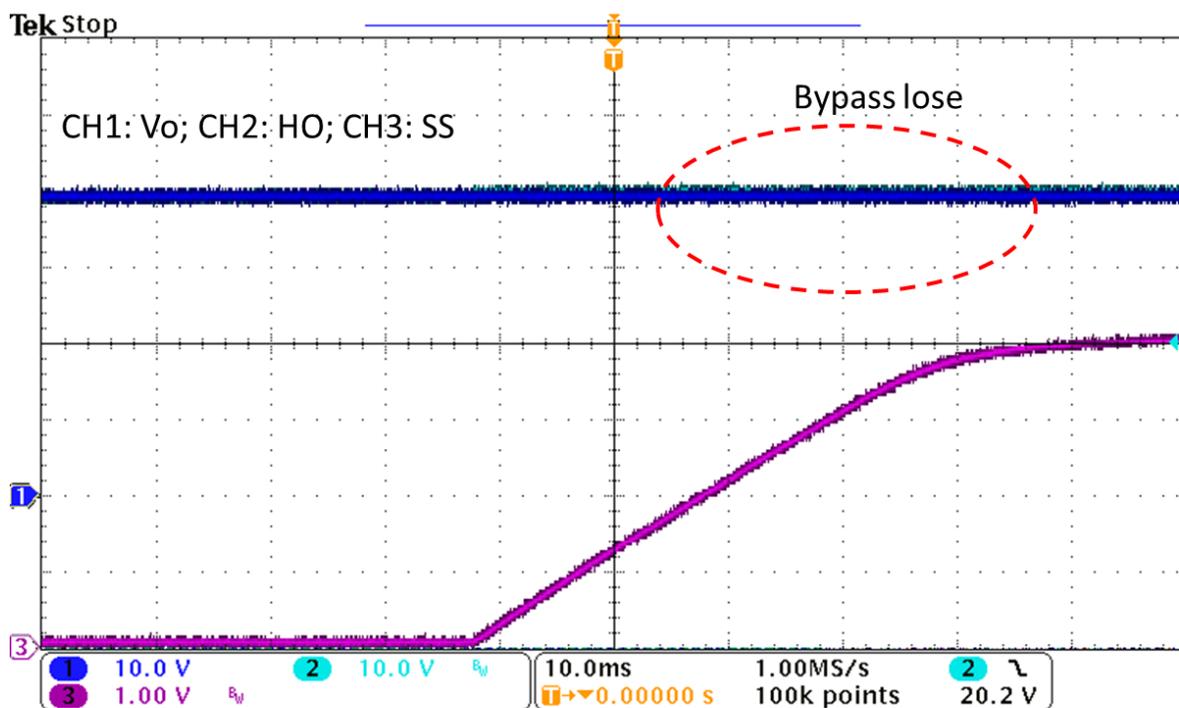


图3 Bypass 丢失时波形

### 2.3 LM5122 Bypass (旁路)功能丢失原因

在 LM5122 内部包含一个“Forced Diode Emulation”逻辑线路，如图 4。

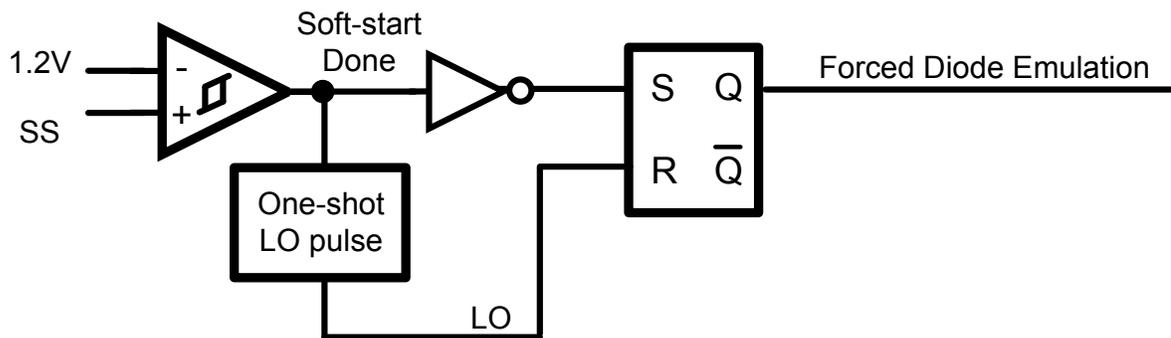


图4 “Forced Diode Emulation” 功能模块

在正常工作条件下，当 SS 上的电压上升到 1.2V 时，软启动结束，比较器发出一个高电平结束信号，R/S 触发器置位端 S 输入为低电平，“One-Shot LO pulse”单元送出一个高电平脉冲到 R/S 触发器的复位端 R，此时 R/S 触发器 Q 端输出低电平信号开启 Bypass(旁路)功能。理想的触发波形如图 5 中的 Good 部分。

在实际工作中，SS 引脚会耦合到开关噪音，当耦合到的噪音足够大并超过了内部比较器的门槛时，比较器可能被再次触发并送出 Glitch 脉冲，导致“Force Diode Emulation”信号立刻终止，也就是 Bypass(旁路)功能丢失掉。详细波形请参考图 5 中的 Bad 部分。

从上面的工作原理可以看到，如果能提高比较器的滞回就可以有效的提高抗噪音水平。下文就如何解决 Bypass (旁路) 丢失问题做详细介绍。

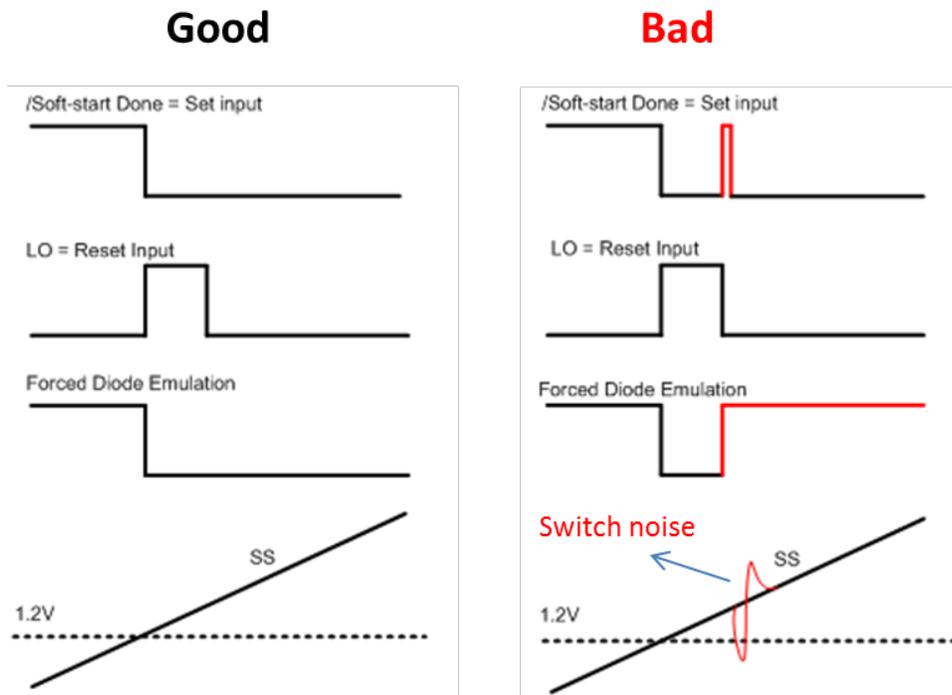


图 5 “Forced Diode Emulation”触发波形

### 3 LM5122 Bypass (旁路) 丢失问题解决方法

#### 3.1 解决 Bypass 丢失的方法

从上面的图 5 中，我们可以发现在软启动结束时下管的驱动 LO 会输出一个窄的脉冲信号，将此脉冲通过外部电容耦合到 SS 引脚上，加速软启动电容充电速率，可以起到提高滞回的作用。为此我们设计了图 6 所示的电路，并应用 TINA 做了简单仿真。从仿真波形图 7 可以看到，LO 的脉冲可以在 SS 信号上产生一个跳变信号，从而提高了内部比较器的滞回。

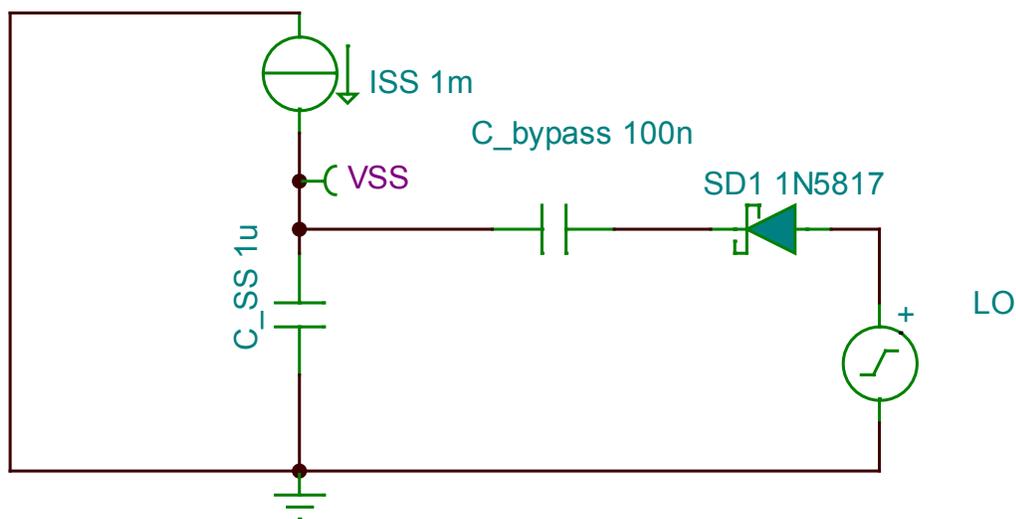


图 6 耦合电容连接线路

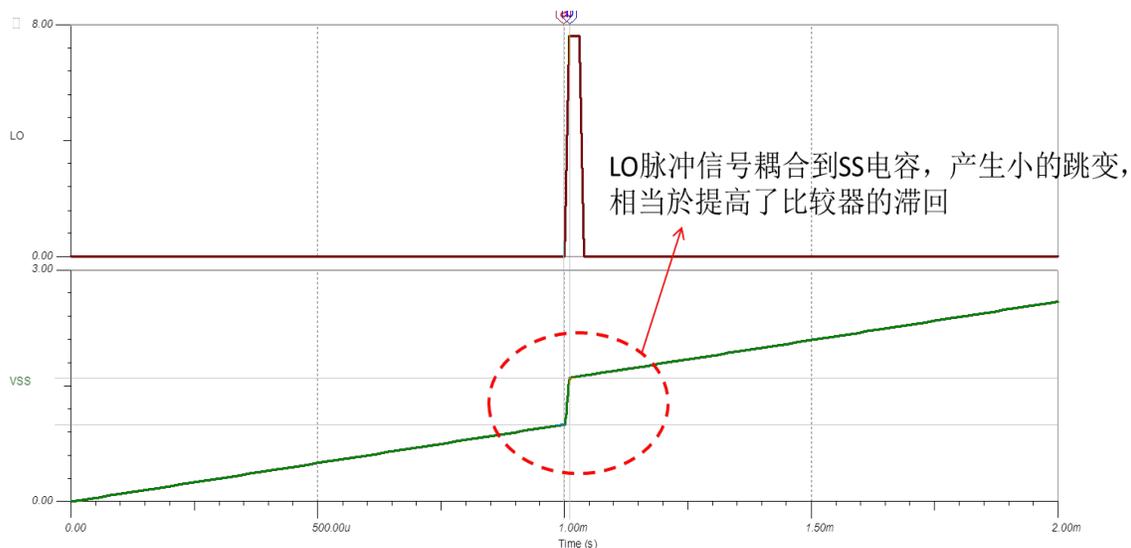


图 7 TINA 仿真波形

图 6 中的参数是为了测试我们设计的电路是否能达到预期目标而设置。实际上芯片内部的给定的软启动电容充电的电流源为  $10\mu\text{A}$ ，我们需要根据实际情况选取合适的软启动电容  $C_{SS}$  和耦合电容  $C_{bypass}$ 。一般  $C_{bypass}$  选取为  $C_{SS}$  的  $1/20\sim 1/10$ 。在 EVM 上，我们把预期的输出电压设置为  $28\text{V}$ ，同时选取了  $0.1\mu\text{F}$  的  $C_{SS}$  电容和  $3.9\text{nF}$  的  $C_{bypass}$  电容，SD1 采用肖特基二极管。在 Datasheet 推荐应用范围内，Bypass 功能可以被完美实现。测试波形如图 8 和图 9。

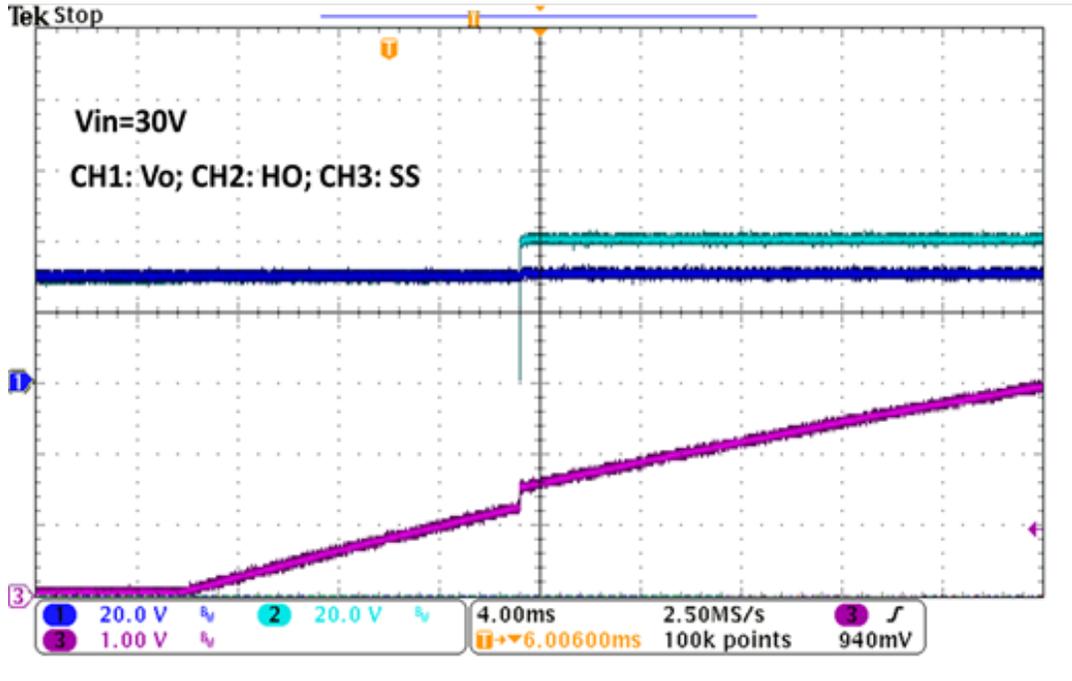


图 8 30V 输入时的 Bypass 波形

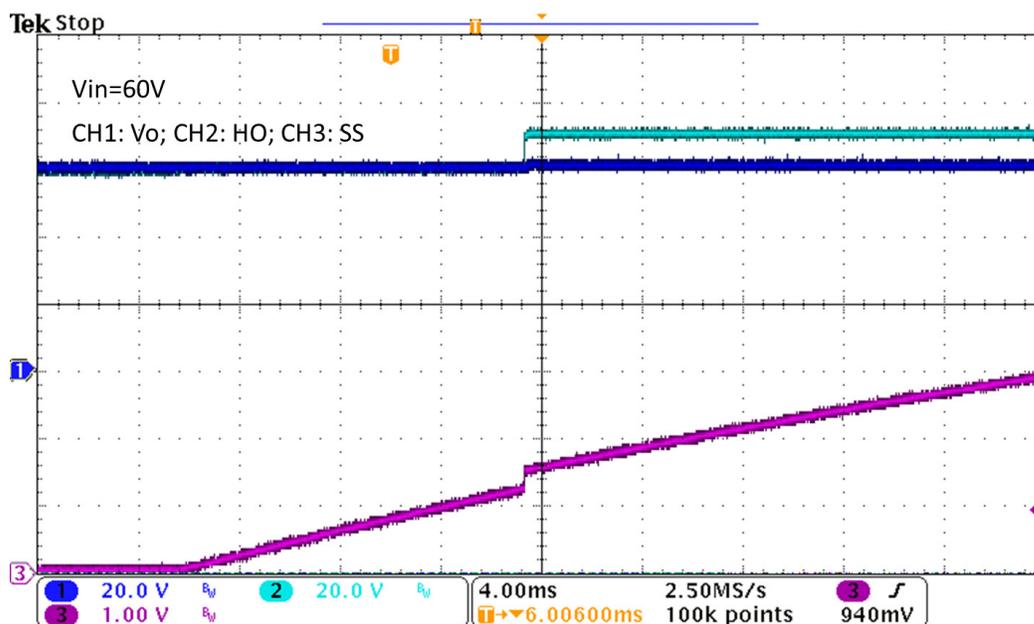


图 9 60V 输入时的 Bypass 波形

### 3.2 采用耦合电容带来的风险

采用耦合电容虽然提高内部比较器的抗干扰能力并能实现 Bypass(旁路)功能。但当输入低于输出设置点时，LM5122 工作在 PWM 模式下，耦合电容在 SS 上产生的跳变会导致软启动的丢失，丢失的多少跟跳变的幅度有关。测试波形如图 10。因此在实际应用中需要全面考虑，仔细挑选参数，从而在 Bypass 功能和软启动之间获得折衷。

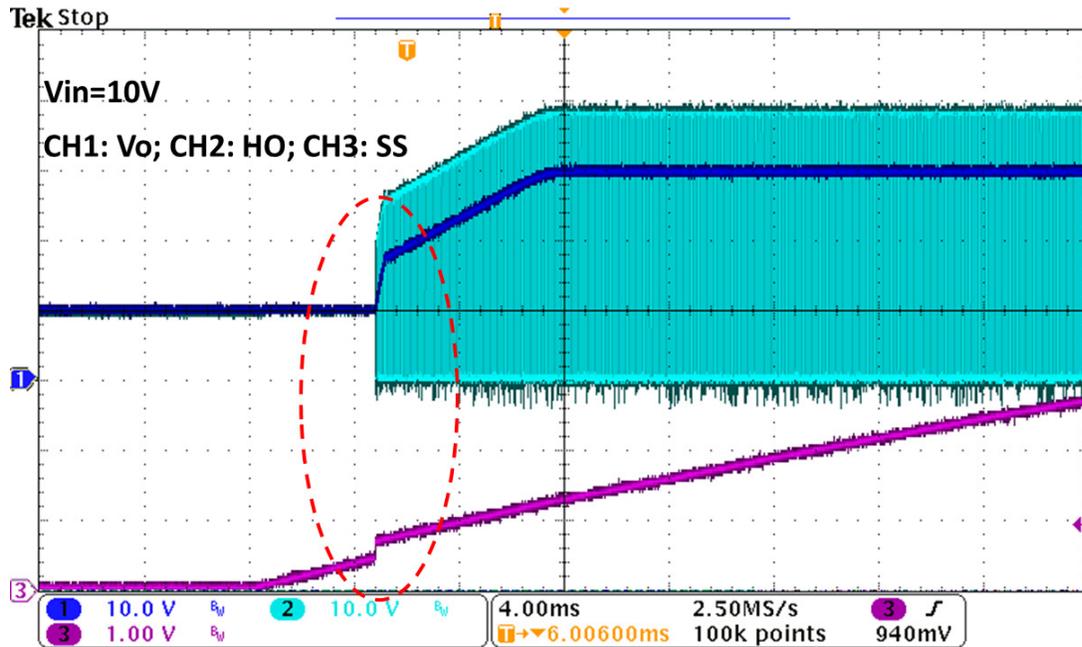


图 10 耦合电容导致软启动丢失波形

#### 4 重建软启

在某些应用中由于布局限制导致板级噪音比较大，很难选取合适的折衷参数，可以考虑将上面的耦合电路专门用于实现 Bypass 功能，此时可以将  $C_{SS}$  缩小，增大  $C_{Bypass}$  增大，即增大 SS 上的跳变幅度，提高抗干扰能力。软启动功能采用如下方法来重新获取：当内部软启 SS 结束后，外部 R/C 线路控制 COMP 引脚缓慢升起。

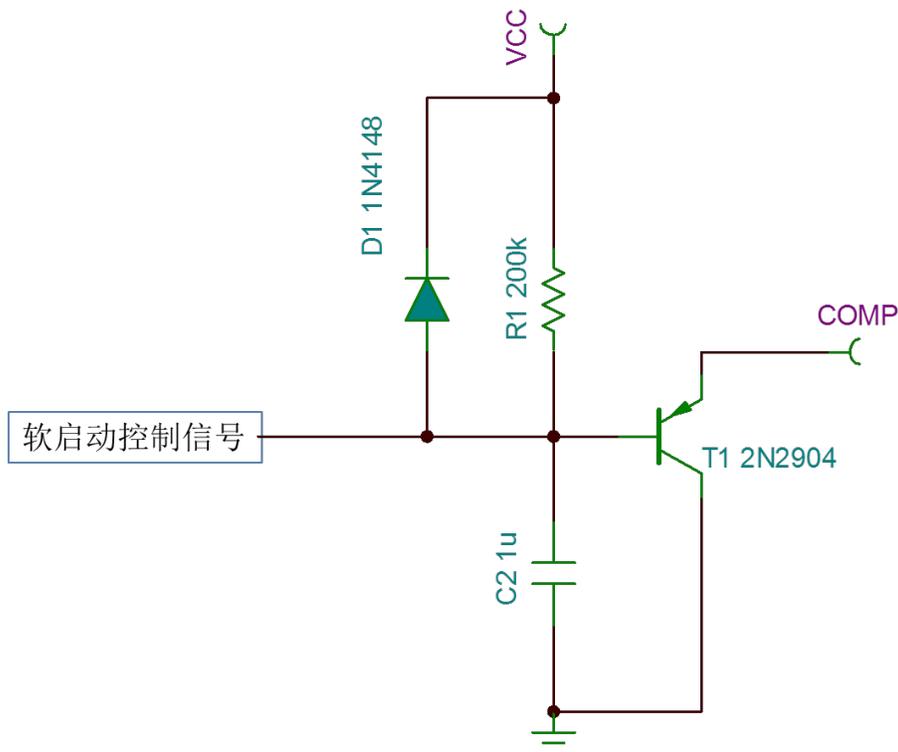


图 11 通过 COMP 脚重建软启

我们将上面的解决 Bypass (旁路)的耦合电路和重建软启电路在 LM5122EVM 上实现并做详细测试。

图 12 是相关测试波形，输入电压为 10V, 输出电压设置点为 28V。从波形图可以看到，当芯片的软启结束后，上管  $V_{gs}(HO-VO)$  上有大约 6V 驱动电压，Bypass(旁路)开始工作；然后 COMP 引脚在外部控制电路控制下缓慢升起时，PWM 信号开始出现，输出电压  $V_o$  存在很好的软启过程。

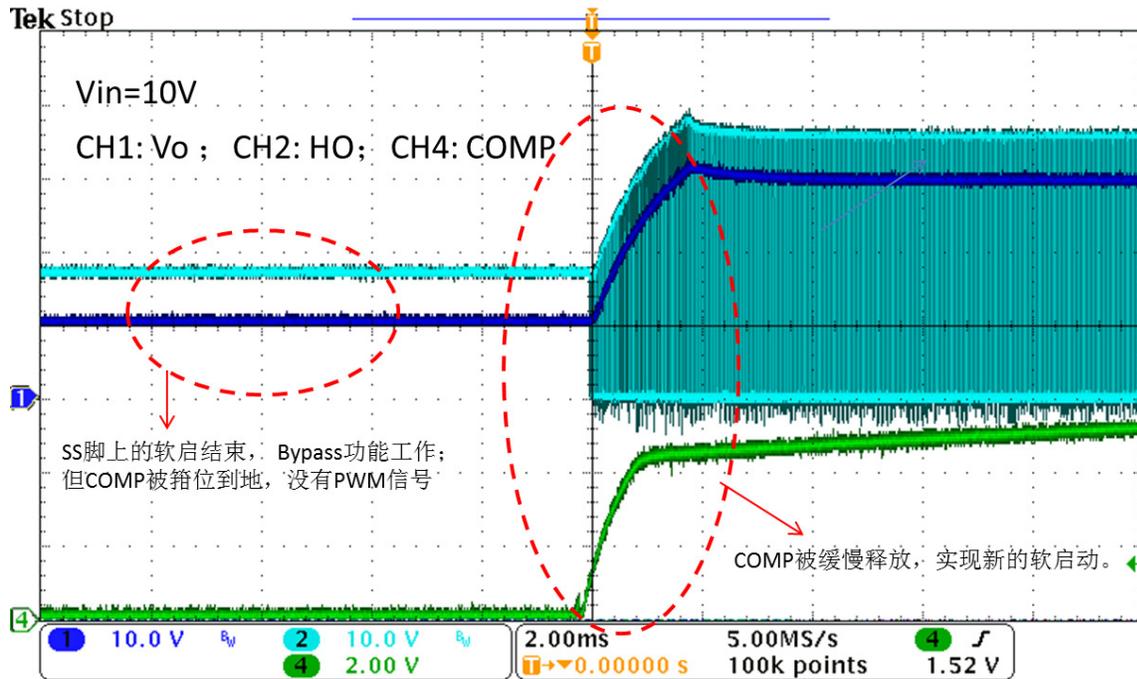


图 12 10V 输入时 Bypass 和重建的软启动波形

## 5 完美实现 Bypass 和软启动

从 LM5122 的内部框图(如图 13)可以看看看到, 从运放的输出到 PWM 比较器之间存在 1.2V 的偏置。也就是说在 COMP 引脚上升到 1.2V 以前是没有 PWM 输出的。另外如果 SS 上的电容足够小, 如 100pF, 那么 SS 上的电压上升速率就足够快, 迅速穿过“Forced Diode Emulation”比较门槛, 也可以有效防止噪音干扰。结合以上两点, 可以设计如图 14 的线路, 同时完美实现 Bypass 和软启动。

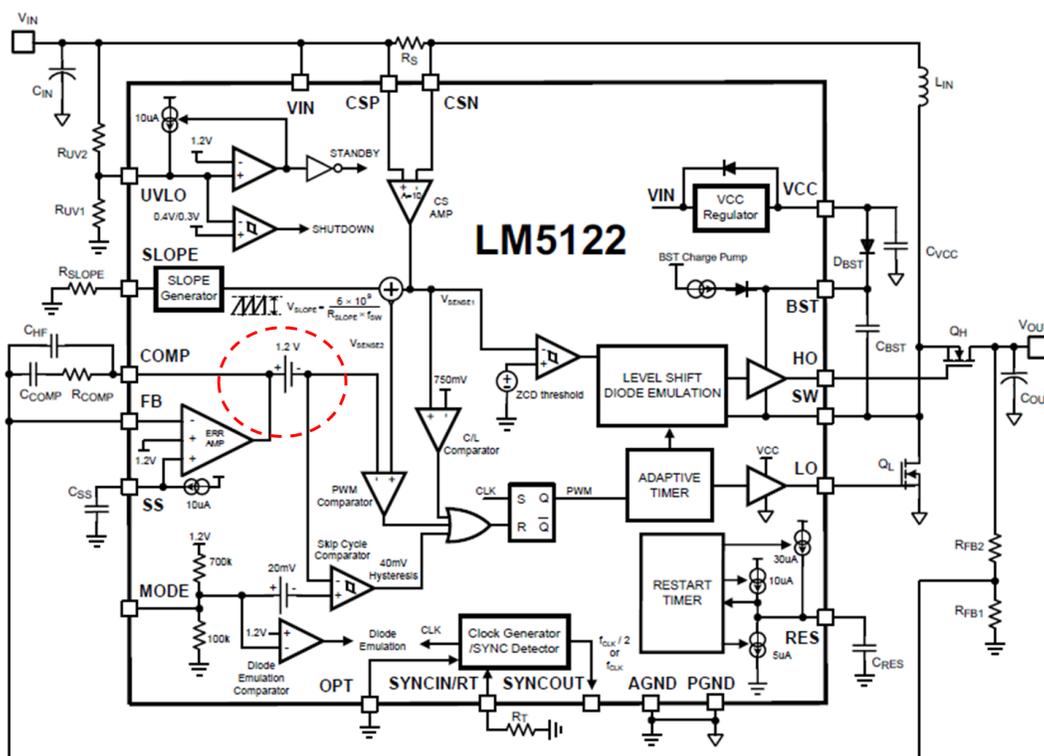


图 13 LM5122 电压误差放大器与 PWM 比较器之间的偏置

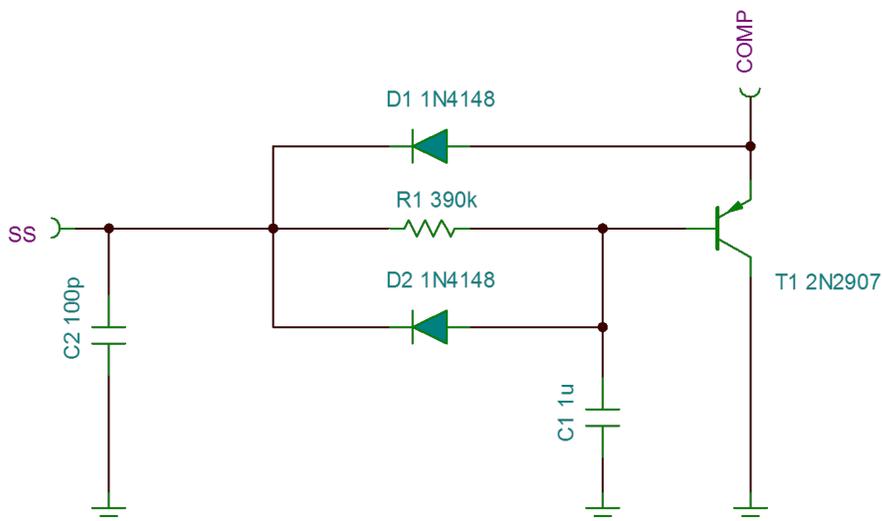


图 14 完美实现 Bypass 和软启动的线路

我们在 LM5122EVM 上对图 14 电路做详细测试，测试结果验证了方案的可行性。波形如图 15 和图 16。

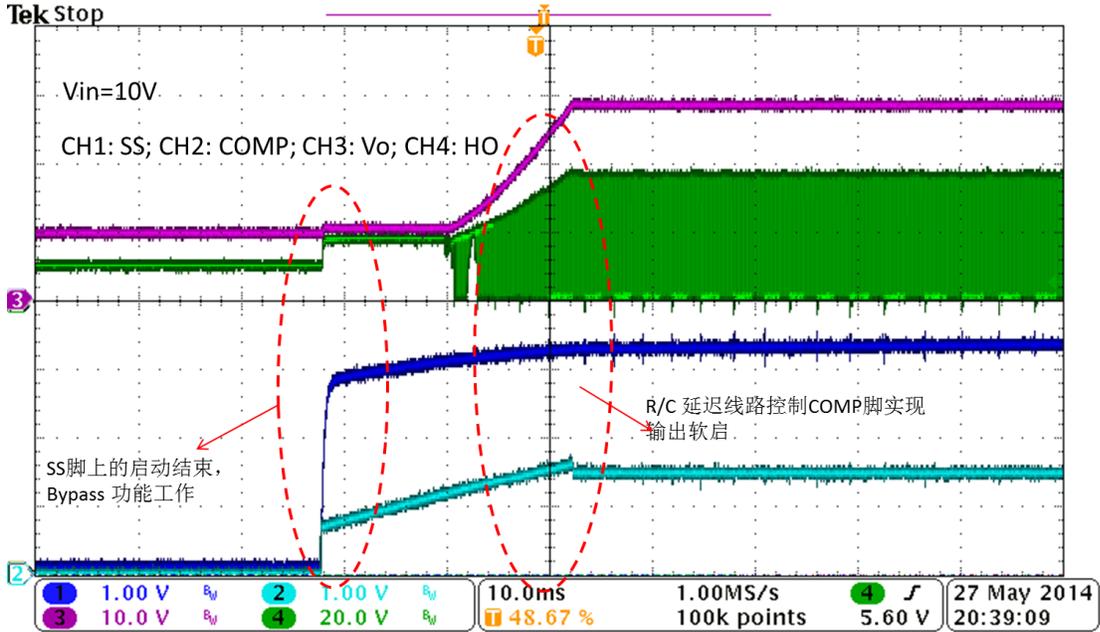


图 15 10V 输入时完美启动波形

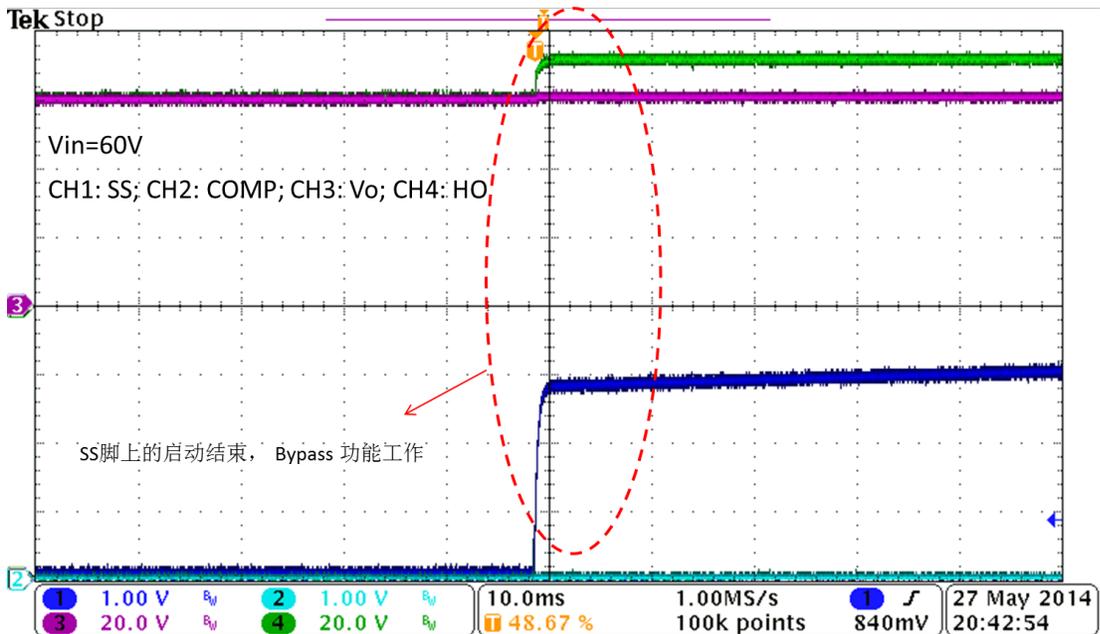


图 16 60V 输入时完美启动波形

## 6 结论

当系统噪音过大时，LM5122 内部的 ” Force Diode Emulation” 比较器容易受到噪音干扰，导致 Bypass (旁路)功能丢失。通过增加耦合电容，外部软启等电路，可以有效的解决该问题。

## 7 参考文献

1. LM5122 datasheet, Texas Instruments Inc., 2013
2. LM5122EVM-1PH Evaluation Module User's Guide, Texas Instruments Inc., 2013

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

产品	应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a> 通信与电信 <a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a> 计算机及周边 <a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a> 消费电子 <a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a> 能源 <a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a> 工业应用 <a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a> 医疗电子 <a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a> 安防应用 <a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a> 汽车电子 <a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a> 视频和影像 <a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a> 德州仪器在线技术支持社区 <a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122  
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司