

TMS320F28054F、TMS320F28052F InstaSPIN-FOC™ 软件

Technical Reference Manual



Literature Number: ZHCU086

June 2014

1	TMS320F2805xF InstaSPIN-FOC™ 支持的 MCU	4
2	FAST 估算器特性	6
3	InstaSPIN-FOC 解决方案特性	6
4	InstaSPIN-FOC 方框 方框图	7
5	将 FAST 估算器与典型解决方案相比较	9
6	FAST 提供无传感器 FOC 性能	9
	6.1 FAST 估算器取代机械传感器	9
	6.2 对性能十分关键的转子角准确度	12
	6.3 相位电流对于估算器准确度很关键	12
7	评估 FAST 和 InstaSPIN-FOC 性能	13
8	微控制器资源	14
	8.1 CPU 利用率	14
	8.2 内存利用率	17
	8.3 安全区	20
	8.4 连接器命令文件设置	20
	8.5 连接 FAST ROM 库	20
	8.6 引脚利用率	21
	8.7 模拟前端 (AFE) 模块注意事项	21
附录 A	术语和首字母缩略词定义	25

附图目录

1	FAST - 估计磁通、角度、速度、转矩 - 自动电机识别	5
2	ROM 中有整个 InstaSPIN-FOC 包	7
3	用户内存中的 InstaSPIN-FOC 方框图, 不包括 ROM 中的 FAST	8
4	传感 FOC 系统.....	11
5	使用 3 分流采样技术的逆变器	13
6	软件执行时钟树用实时调度提供灵活性	14
7	F28054F 内存映射	18
8	为 InstaSPIN-FOC 库分配的 F2805xF 内存	19
9	具有 ROM 符号库的 2805x 项目	20
10	电流信号通过单端连接直接传输到 PGA.....	22
11	使用外部差分放大器反馈相电流	23
12	使用 AFE 的内置基准电压测量双极信号	24

附表目录

1	与典型解决方案相比较的 FAST 估算器	9
2	针对从 ROM, RAM 和闪存中执行的最小执行的 CPU 周期数量.....	15
3	针对从 ROM 和闪存中执行的完全执行的 CPU 负载.....	15
4	为 InstaSPIN-FOC 库分配的 F2805xF 内存	19
5	每个电机的引脚利用率.....	21

TMS320F28054F、TMS320F28052F InstaSPIN-FOC™ 软件

1 TMS320F2805xF InstaSPIN-FOC™ 支持的 MCU

TMS320F2805xF 是德州仪器 (TI) 的第三个器件系列 (54F 和 52F — 80 引脚封装)，其中包括 FAST™ (图 1) 估算器和额外的电机控制功能，能支持级联的速度和转矩环路以便实现高效的三相磁场定向电机控制 (FOC)。

与用户代码中的 F2805xF 外设驱动程序合使用 — 可实现一个无传感器 (也称为自感) 的 InstaSPIN-FOC 解决方案，此解决方案能够识别、调整转矩控制器，并且能在几分钟内有效地控制电机，无需使用任何机械转子传感器。整个软件包被称为 InstaSPIN-FOC，在 ROM 中提供。用户还可以选择在用户存储器中 (闪存或 RAM) 执行所有 FOC 函数，这一选择会调用 ROM 中的专有 FAST 估算器固件。InstaSPIN-FOC 的设计非常灵活，可适应一定范围的系统软件架构和用户定制。这种灵活性的范围如图 3 所示。

本文档是所有标准 TMS320F2805x 文档的补充内容，其中包括标准器件数据表 [TMS320F2805x *Piccolo* 微控制器 (文献编号 [SPRS797](#))]、技术参考手册和用户指南。InstaSPIN-FOC 文件包内包含的一个附加文档是《InstaSPIN-FOC™ 和 InstaSPIN-MOTION™ 用户指南》(文献编号 [SPRUHJ1](#))，它涵盖了以下内容的范围和功能性：

- F2805xF 器件
- F2805xF ROM 内容
- FAST 磁通估算器
- InstaSPIN-FOC 系统解决方案。

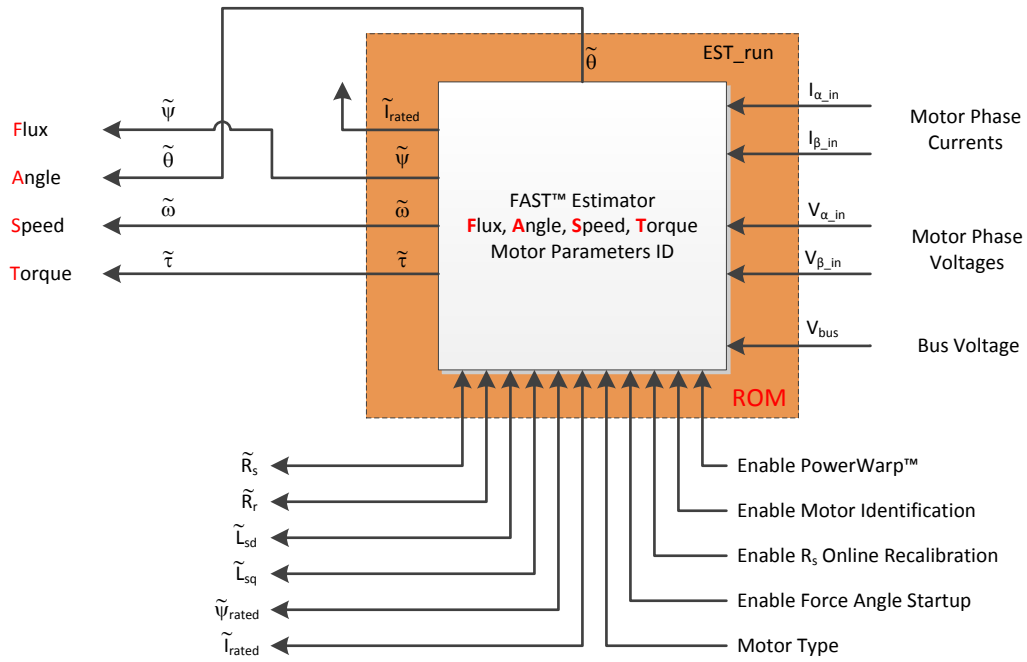


图 1. FAST - 估计磁通、角度、速度、转矩 - 自动电机识别

2 FAST 估算器特性

- 充分利用所有使用磁通量进行能量转换的电机间的相似性的统一观测器结构
 - 可实现同步电机（无刷直流 (BLDC)，永磁同步电机 (SPM)，内部永磁电机 (IPM)），和异步电机（交流感应电机 (ACIM)）控制
 - 针对内部永磁电机的凸极补偿：观测器在 $Ls-d$ 和 $Ls-q$ 被提供时正确跟踪转子磁通和角度
- 用于控制系统中的独特、高质量反馈信号
 - 用于稳定磁通监视和场强减弱的高质量 **磁通**信号
 - 与独立于 ACIM 全部转子参数的传统观测器技术相比，在更宽的速度范围内具有出色的转子磁通 **角度**估算精度
 - 实时低噪声电机转轴 **速度**信号
 - 针对负载监视和失衡检测的准确高带宽 **转矩**信号
- 角度估算器在施加的波形的第一个周期内收敛，与速度无关。
- 在全部功率象限内稳定运行，其中包括发电机象限
- 满转矩时，在低于 1Hz（典型值）的稳定状态速度下的准确角度估计
- 即使在经过零速度的低速反向期间也能保持角度完整性
- 在停转情况下保持角度完整性，从而实现平滑的停转恢复
- 电机识别在少于 2 分钟（典型值）的时间内测量空载电机所需的电机参数
- “高速数据传输错误纠正 (On-the-fly)”定子电阻再校准（在线 R_s ）实时跟踪定子电阻变化，从而获得温度范围内的稳健耐用运行。这个特性也可被用作电机绕组的温度传感器（需要基点校准）。
- 大大优于传统观测器的转子磁通角度跟踪的瞬态响应
- PowerWarp™ 自适应减少流耗以最大限度地降低组合（转子和定子）铜损耗降到最低，而又无需影响 ACIM 输出功率级。

3 InstaSPIN-FOC 解决方案特性

- 包括磁通角速度转矩 (FAST) 估算器，估算器被用来在无传感器磁场定向控制 (FOC) 系统中测量转子磁通（幅度和角度）
- 自动转矩（电流）环路调整，具有用户调节选项
- 自动速度环路调整为大多数应用提供稳定运行。（通过优化一个特定应用的参数可获得最佳的瞬态响应）
- 自动或手工场强减弱和场强增强
- 总线电压补偿
- 自动偏移校准确保反馈信号的高质量采样样本

4 InstaSPIN-FOC 方框 方框图

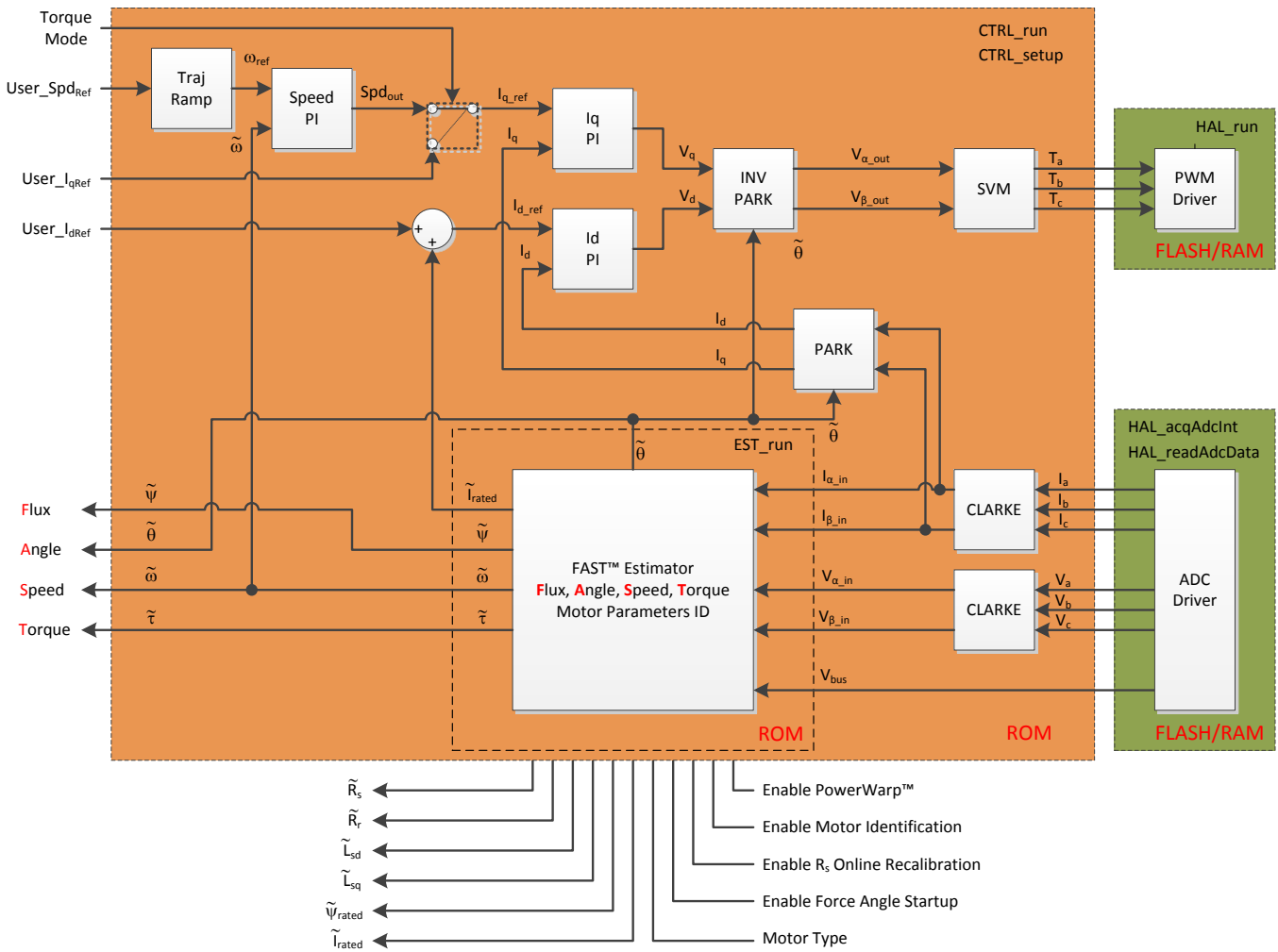


图 2. ROM 中有整个 InstaSPIN-FOC 包

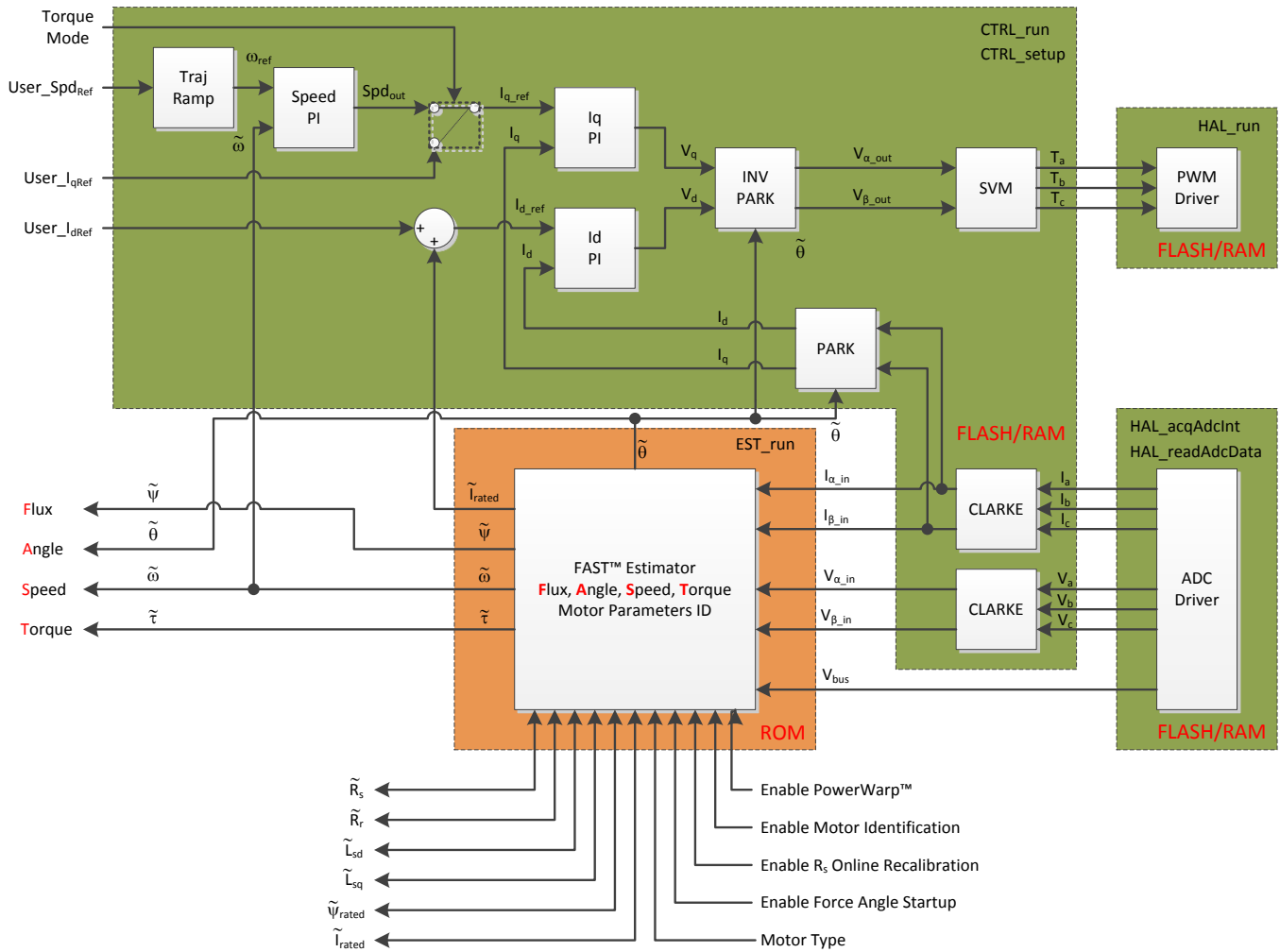


图 3. 用户内存中的 InstaSPIN-FOC 方框图，不包括 ROM 中的 FAST

5 将 FAST 估算器与典型解决方案相比较

表 1 显示 FAST 估算器和 InstaSPIN-FOC 解决方案与典型软件传感器和 FOC 解决方案的比较结果。

表 1. 与典型解决方案相比较的 FAST 估算器

主题	典型软件传感器和 FOC 解决方案	Fast 估算器和 InstaSPIN-FOC 解决方案
电机参数	基于电机模型的观测器在很大程度上取决于电机参数。	依赖更少的电机参数。 电机的离线参数识别 - 无需数据表。 定子电阻的在线参数监视和重新估计。
估算器调整	对于每个电机，针对速度/负载完成了多次复杂观测器调整。	无需估算器调整。一旦识别了电机参数，在速度/转矩动态范围内，每次它的运行方式都一样。
估算器准确度	角度跟踪性能通常只在频率超过 5-10Hz 时才令人满意，这是因为在更高速度时会遇到问题，并且要对场强减弱进行补偿。 动态性能受到观测器手动调整的影响；电机停转通常使观测器损毁。	FAST 提供可靠的角度跟踪，此角度跟踪在已施加波形的一个电周期内收敛，并且能够在频率低于 1Hz 时跟踪（取决于模拟感应的质量和分辨率）。 角度跟踪展现出出色的瞬态响应（即使在能够使电机停转的意外负载瞬态发生时也是如此，从而以满转矩实现受控重启）。
启动	很难从零速度启动或者无法从零速度启动。 零速度时的观测器反馈是不稳定的，从而导致糟糕的转子角准确度和速度反馈。	InstaSPIN-FOC 包括： <ul style="list-style-type: none"> • 具有强制角的零速度启动 • 启动时 100% 转矩 • FAST 转子磁通角跟踪在一个电周期内收敛。 FAST 在通过零速度时完全稳定，从而提供准确速度和角度估计。
电流环路	调整 FOC 电流控制是一项有挑战性的工作 - 对新手来说更是如此。	根据确定的参数来自动设定电流控制器的初始调整。如果需要的话，用户可以更新增益或使用自己的控制器。 完全调整观测器和转矩控制器的算法花费的时间少于 2 分钟。
反馈信号	未管理系统偏移和漂移。	FAST 包括自动硬件/软件校准和偏移补偿。 FAST 需要 2 相电流（针对 100% 和过调制时为 3 相），3 相电压以支持完全动态性能，针对电流控制器纹波补偿的直流总线电压。 FAST 包括一个在线定子电阻跟踪算法。
电机类型	针对多个电机的多项技术：标准反电势、滑动模式、凸极跟踪、感应磁通估算器，或“混合模式”观测器。	FAST 与全部 3 相电机类型、同步和异步电机一同工作，与负载动态无关。用不同的 L_s-d 和 L_s-q 支持凸极 IPM 电机。 包括用于感应电机的 PowerWarp™，此项技术可达到节能的目的。
场强减弱	场强减弱区域对于观测器是有挑战性的 - 由于反电势信号变得太强，跟踪和稳定性受到影响。	由于宽范围内（其中包括场强减弱区域）磁通估算的稳定性，FAST 估算器允许场强减弱或场强增强应用。
电机温度	角度跟踪性能随定子温度的变化而降低。	在线定子电阻再校准提升角度估计准确度。
速度估算	糟糕的速度估算会导致 FOC 系统中的效率损失以及稳定性下降的动态运行。	高质量低噪声速度估算器，包括针对感应电机的转差率计算。
转矩估算	通常需要转矩和振动传感器。	高带宽电机转矩估算器。

6 FAST 提供无传感器 FOC 性能

6.1 FAST 估算器取代机械传感器

一个电机的磁场定向控制 (FOC) 可获得出色的转矩控制、更低的转矩纹波，并且在很多情况下，相对于传统交流控制技术，这项技术提升了效率。为了实现最佳动态响应，转子磁通基准控制算法更适用于定子磁通基准技术。为了正确运行，这些系统需要知道相对于定子框（通常为相位 A 定子线圈的磁轴）上一个固定点的转子磁通空间角。传统上，这已经由安装在电机转轴上的一个机械传感器（例如，编码器或解算器）完成。这些传感器提供出色的角反馈，但是给系统设计带来很大负担。如下面图 4 中讨论且图示的那样，传感角反馈对系统产生 6 个主要影响：

1. 传感器本身很昂贵（一个好的解算器的价格常常超过 2500 美元，而大容量集成编码器的价格为几美元）。

2. 此传感器的安装要求娴熟的组装技巧，这增加了劳动力成本。
3. 此传感器通常需要独立的电源，这增加了系统成本并减少了稳定性。
4. 此传感器是系统中最精密的组件，它影响系统稳定性，在恶劣环境应用中更是如此。
5. 传感器反馈信号通过连接器接回至控制器电路板，根据所使用的连接器的类型的不同，这也增加了系统成本，并且极大地降低了稳定性。
6. 将传感器信号传回控制器所需的电缆连接对系统设计人员提出了多重挑战。
 - 所用电缆产生的额外成本，特别是电机和控制器之间的距离较远时更是如此。
 - 对于噪声源的敏感性，具有特殊屏蔽或双绞线的电缆会增加成本。
 - 出于安全考虑，传感器和相关电缆连接必须接地。这通常增加额外成本来隔离这些信号，特别是在处理传感器信号的处理单元未接地的情况下更是如此。

在某些电机处于封闭环境中的应用中（例如，压缩机），由于受通过外壳获得反馈电线的成本的影响，传感解决方案不太现实。由于这些原因，FOC 系统设计人员很愿意通过处理那些可在控制器电路板上获得的信号来完全免除对传感器的需要，并且获得转子磁通角信息。对于同步机器，大多数与执行电机软件模型相关的技术受到控制，以估计反电势波形（转子磁通），然后对这些感测到的波形进行处理，以便提取转子转轴角的估计值，并且推导出它的速度。对于异步机器，过程有一些复杂，这是因为软件模型（观测器）还必须解决存在于转子和转子磁通之间的转速差。

然而，在这两个情况下，由于反电势波形的振幅与电机速度直接成比例，性能在较低速时会受到影响（假定无磁通减弱）。由于反电势振幅下降至噪底，或者如果模数转换器 (ADC) 的分辨率不能如实地复制小型反电势信号，那么信号估计失败，并且电机驱动性能受到影响。

为了解决低速问题，必须依靠高频注入来创建一些技巧，来将磁异测量为角度的一个函数（即，磁凸极），以实现低至零速度的准确角度重建。然而，这会引入另外一组控制问题。首先，凸极信号对于异步电机是不存在的，而且对于大多数同步机器来说，这个信号的值也很小（特别是那些具有表面贴装转子磁体的机器）。对于那些的确表现出很强凸极信号的电机（例如，IPM 电机），信号经常相对于转子角以负载的一个函数发生位移，必须对这一信号位移进行补偿。最后，这个角度测量技巧只在速度较低时起作用，此时，电机基频不会干扰询问频率。此控制系统必须创建一个混合控制策略，在低速时使用高频注入跟踪，然后在标称和高速时移动进入基于反电势的观测器。

借助于任一技巧，产生一个稳定软件传感器的过程也是十分具有挑战性的，这是因为从本质上说，这个电机模型（观测器）是其自己的控制系统，此控制系统需要在使用范围内根据每个电机进行调整。这个调整必须由一个稳定的正向控制环路完成。所需的是一个稳定的转矩（通常为速度）环路来调整观测器，但是您如何在不具有可用观测器的情况下预先调整您的正向控制呢？一个选择就是使用一个用于反馈的机械传感器来创建稳定电流和速度环路，然后调整与机械传感器并联的软件传感器。然而，机械传感器的使用通常是不现实的。这一问题已经推迟了用于控制无传感器 FOC 的软件传感器的上市。

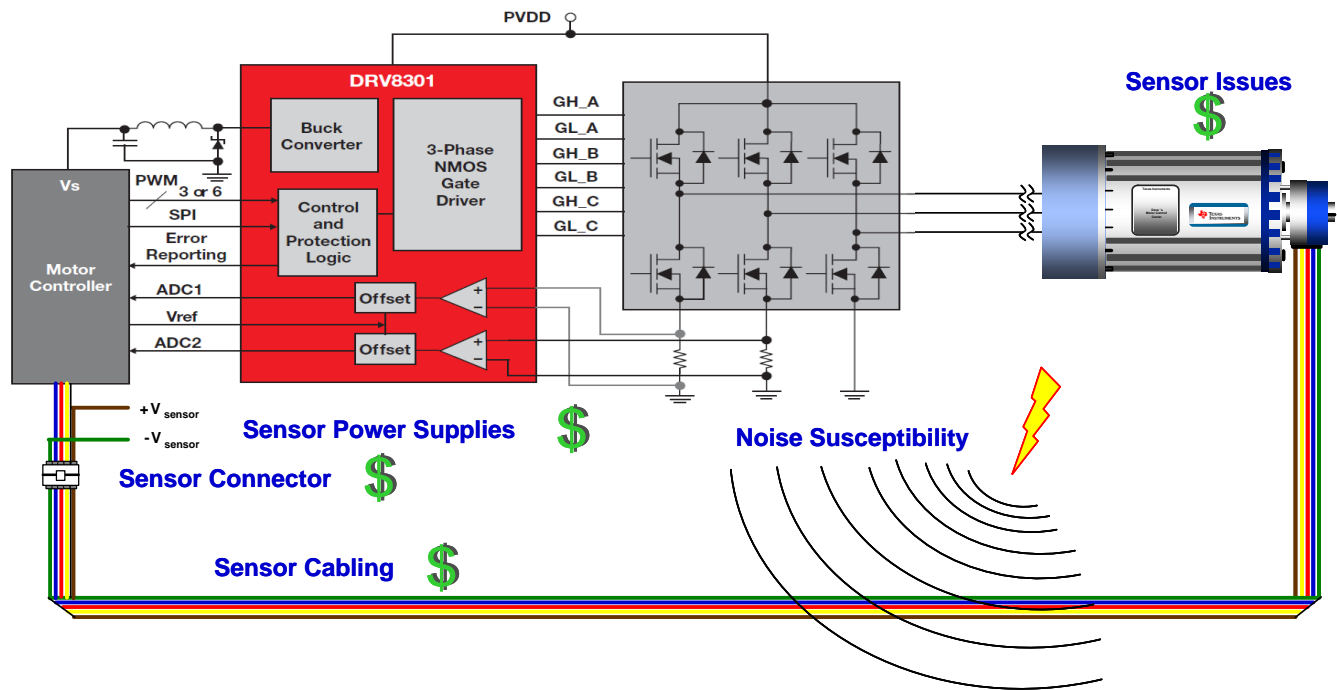


图 4. 传感 FOC 系统

总之，这些现有的解决方案全都受到不同问题的影响，其中包括：

- 糟糕的低速性能（反电势和滑模观测器 (SMO)）
- 糟糕的高速性能（凸极观测器）
- 糟糕的动态响应
- 计算强度（多模观测器）
- 参数灵敏度
- 需要观测器调整。

无传感器控制革命的最新创新是 InstaSPIN-FOC。在嵌入在 TI 处理器内的片上 ROM 中提供 C 语言的可用库，InstaSPIN-FOC 被创建用来解决全部这些问题，以及更多问题。它减少了系统成本和开发时间，同时提升了三相可变速度电机系统的性能。这主要通过将机械传感器替代为专有 FAST 估算器来实现。FAST 是一款估算器，它能够：

- 与所有三相电机高效协同工作，并将同步/异步、凸极/非凸极和永磁/非永磁/感应磁体之间的差异考虑在内。
- 对于多种应用，极大改进了整个工作频率和负载范围内的性能和稳定性。
- 移除了传统 FOC 系统的手工调整困难：
 - 观测器和估算器，完全移除了所需调整。
 - 电流环路稳压器，大大减少了所需调整。
- 消除或减少了电机参数变化影响。
- 在少于 2 分钟的时间里，为大多数电机自动设计一个稳定且实用的控制系统。

6.2 对性能十分关键的转子角准确度

为什么很多使用机械传感器的应用需要转子磁通角的精确估算？

对于三相电机的高效控制，其目的是在定子上创建一个旋转磁通矢量，此定子与相对于转子的理想方向对齐，用这样的方法，转子磁场在创建所需转矩并且使用最少量电流的同时跟随定子磁场。

- **定子：**电机上被连接至由微控制器控制的逆变器的固定部分。
- **理想方向：**对于非凸极同步电机为 90 度；对于凸极机器，比 90 度稍微多一些，而对于异步机器则稍微少一些，这是因为电流矢量的一部分也被用来产生转子磁通。
- **转子：**电机的旋转部分，在转轴上产生工作转矩。

为了实现这一目的，您需要从电机上提取以下信息：

- 每一相位所消耗的电流。
- 转子磁通磁场的精确相对角（通常在 ± 3 电工角度以内），这样您能够正确定向您的定子磁场。
- 对于速度环路，您还需要知道转子速度。

6.3 相位电流对于估算器准确度很关键

电阻器分流测量是测量电机控制逆变器中相位电流的非常合理的技巧。有三个广泛使用的示例，1，2 和 3 分流电阻器测量。虽然在最初看来 1 和 2 分流技术减少了成本，但是他们需要更快速且更昂贵的放大器电流。这些 1 和 2 分流测量也限制了电流反馈的能力，这将限制使用被提供给逆变器的满电压的驱动能力。3 分流技术很出色并且在成本方面并没有什么不同，其原因是使用廉价缓慢电流放大器电路所带来的优势。为了实现 FAST 和 InstaSPIN-FOC 的最佳性能和成本，推荐使用 3 分流技术。

有关详细信息，请参见《*InstaSPIN-FOC™* 和 *InstaSPIN-MOTION™* 用户指南》（文献编号 [SPRUHJ1](#)）。

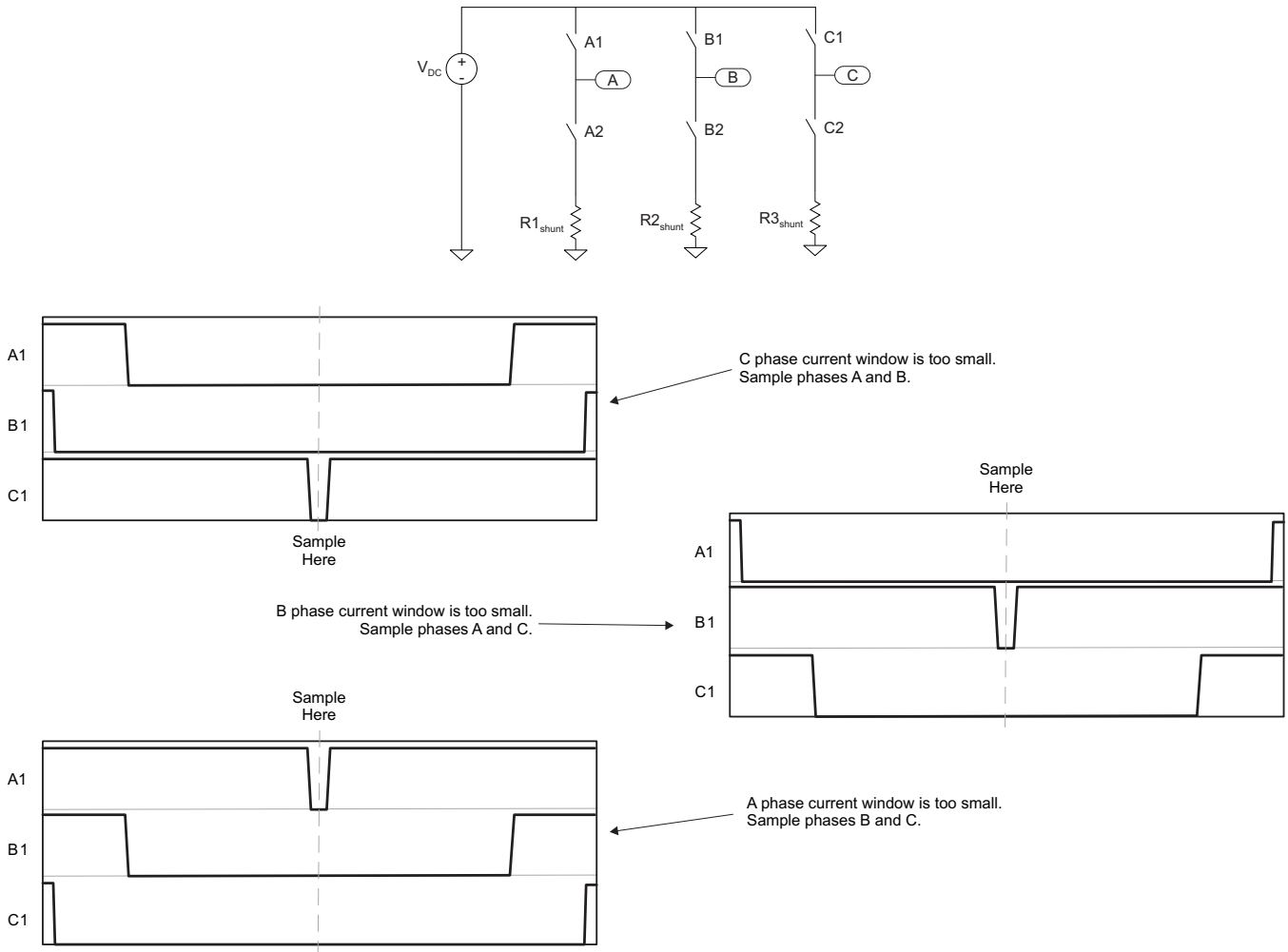


图 5. 使用 3 分流采样技术的逆变器

7 评估 FAST 和 InstaSPIN-FOC 性能

FAST 和 InstaSPIN-FOC 性能数据被采集，并将在这份文档的未来修订版本中提供。

8 微控制器资源

InstaSPIN 库所需要的 F2805xF 微控制器资源在《InstaSPIN-FOC™ 和 InstaSPIN-MOTION™ 用户指南》（文献编号 [SPRUHJ1](#)）中有详细介绍。

专门针对库执行以及此代码的加载与执行位置，在这份文档中讨论了以下资源类别：

- CPU 利用率
- 内存分配
- 堆栈利用率
- 数字和模拟引脚利用率

8.1 CPU 利用率

InstaSPIN-FOC 在整个设计中提供灵活性，其中包括它的软件执行时钟树。图 6 图示了提供给设计人员用来管理每个主要软件函数实时调度的选项。平衡电机性能与 CPU 负载之间的关系并不困难，从而缩短了系统集成时间。

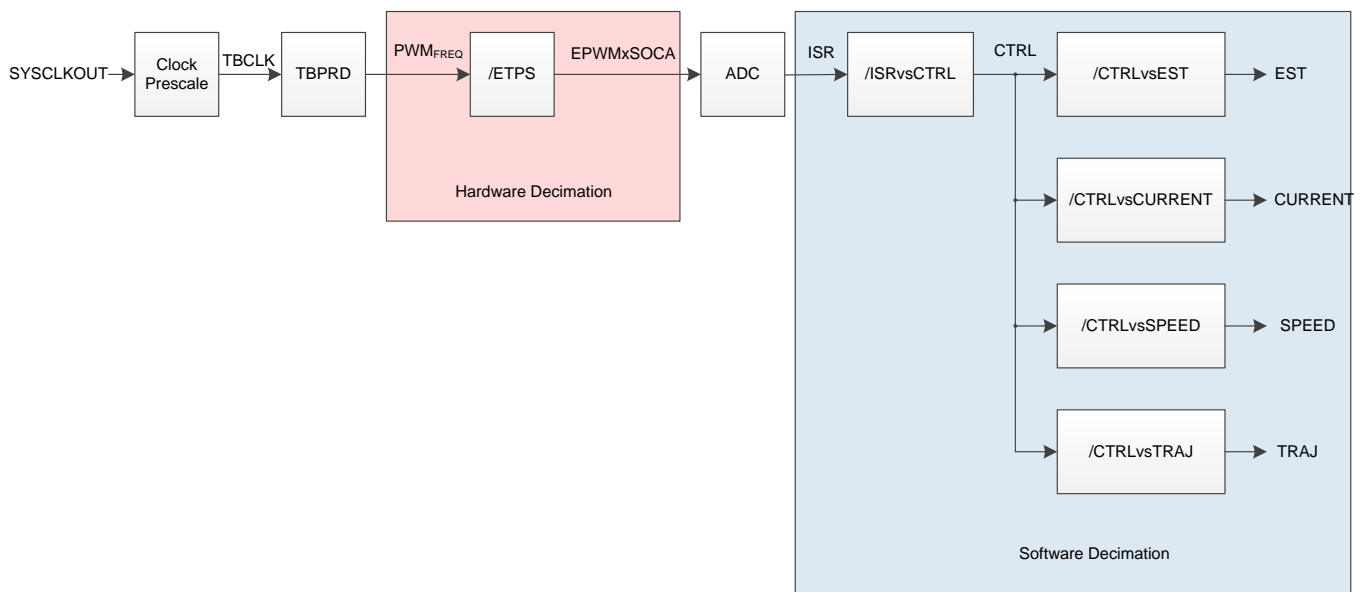


图 6. 软件执行时钟树用实时调度提供灵活性

从一个单周期内存（RAM 和 ROM）组合执行，也从闪存执行，InstaSPIN-FOC 最小完全执行的总执行时间取决于软件执行时钟树。表 2 显示了 InstaSPIN 的最小完全执行完成时，以及用户代码被载入到闪存时所使用的 CPU 周期数量。谨记软件执行树对总执行时间的影响。表 3 显示了针对其他系统函数的 CPU 负载和可用的 MIP。

表 2. 针对从 ROM, RAM 和闪存中执行的最小执行的 CPU 周期数量

函数名称	CPU 周期数			执行位置		
	最小值	平均	最大值	ROM	RAM	闪存
HAL_acqAdcInt	25	25	25	×	×	✓
HAL_readAdcData	108	108	108	×	×	✓
Ctrl_run				✓	×	×
R _s 在线被禁用, ISR vs CTRL = 1, CTRL vs EST = 1	2345	2355	2425			
CTRL vs EST = 2	1154	1760	2425			
CTRL vs EST = 3	1154	1562	2425			
ISR vs CTRL = 2, CTRL vs EST = 1	58	1207	2425			
CTRL vs EST = 2	58	909	2425			
CTRL vs EST = 3	58	810	2425			
ISR vs CTRL = 3, CTRL vs EST = 1	58	824	2425			
CTRL vs EST = 2	58	626	2425			
CTRL vs EST = 3	58	560	2425			
R _s 在线启用, ISR vs CTRL = 1, CTRL vs EST = 1	2807	2821	2894			
CTRL vs EST = 2	1154	1993	2894			
CTRL vs EST = 3	1154	1717	2894			
ISR vs CTRL = 2, CTRL vs EST = 1	58	1439	2894			
CTRL vs EST = 2	58	1025	2894			
CTRL vs EST = 3	58	887	2894			
ISR vs CTRL = 3, CTRL vs EST = 1	58	979	2894			
CTRL vs EST = 2	58	702	2894			
CTRL vs EST = 3	58	610	2894			
HAL_writePwmData	64	64	64	×	×	✓
CTRL_setup	37	51	178	✓	×	×

表 3. 针对从 ROM 和闪存中执行的完全执行的 CPU 负载

F2805xF CPU = 60MHz 可用 MIPS = 60MIPs PWM = 10kHz	CPU 利用率 [%]	使用的 MIPS [MIPS]	可用的 MIPS [MIPS]
R _s 在线被禁用, ISR vs CTRL = 1, CTRL vs EST = 1	43.28	25.97	34.03
CTRL vs EST = 2	33.37	20.02	39.98
CTRL vs EST = 3	30.07	18.04	41.96
ISR vs CTRL = 2, CTRL vs EST = 1	24.15	14.49	45.51
CTRL vs EST = 2	19.18	11.51	48.49
CTRL vs EST = 3	17.53	10.52	49.48
ISR vs CTRL = 3, CTRL vs EST = 1	17.77	10.66	49.34
CTRL vs EST = 2	14.47	8.68	51.32
CTRL vs EST = 3	13.37	8.02	51.98
R _s 在线启用, ISR vs CTRL = 1, CTRL vs EST = 1	51.05	30.63	29.37
CTRL vs EST = 2	37.25	22.35	37.65
CTRL vs EST = 3	32.65	19.59	40.41
ISR vs CTRL = 2, CTRL vs EST = 1	28.02	16.81	43.19
CTRL vs EST = 2	21.12	12.67	47.33
CTRL vs EST = 3	18.82	11.29	48.71
ISR vs CTRL = 3, CTRL vs EST = 1	20.35	12.21	47.79
CTRL vs EST = 2	15.73	9.44	50.56
CTRL vs EST = 3	14.20	8.52	51.48

注: 控制律加速器 (CLA) 和 InstaSPIN-FOC 均配置用于区域 1 的安全, 因此, 用户在 F2805xF 器件上不能使用 CLA。

8.2 内存利用率

图 7, 图 8 和 表 4 显示了 F28054 的内存映射, ROM 中 InstaSPIN-FOC 库的位置, 以及使用这个库所需的 L8 RAM 内存分配。要获得这些器件的一般内存映射, 请参见器件专用数据表。

	Data Space	Prog Space	
0x00 0000	<i>M0 Vector RAM (Enabled if VMAP = 0)</i>		
0x00 0040	M0 SARAM (1K x 16, 0-Wait)		
0x00 0400	M1 SARAM (1K x 16, 0-Wait)		
0x00 0800	Peripheral Frame 0	Reserved	
0x00 0D00	PIE Vector - RAM (256 x 16) (Enabled if VMAP = 1, ENPIE = 1)		
0x00 0E00	Peripheral Frame 0		
0x00 1400	CLA Registers		
0x00 1480	CLA-to-CPU Message RAM		
0x00 1500	CPU-to-CLA Message RAM		
0x00 1580	Reserved		
0x00 2000	Reserved		
0x00 4000	USB Control Registers ^(A)		Reserved
0x00 5000	Peripheral Frame 3 (4K x 16, Protected) DMA-Accessible		
0x00 6000	Peripheral Frame 1 (4K x 16, Protected)		
0x00 7000	Peripheral Frame 2 (4K x 16, Protected)		
0x00 8000	L0 DPSARAM (2K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, CLA Data RAM2)		
0x00 8800	L1 DPSARAM (1K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, CLA Data RAM 0)		
0x00 8C00	L2 DPSARAM (1K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, CLA Data RAM 1)		
0x00 9000	L3 DPSARAM (4K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL, CLA Program RAM)		
0x00 A000	L4 SARAM (8K x 16) (0-Wait, Secure Zone + ECSL)		
0x00 C000	L5 DPSARAM (8K x 16) (0-Wait, DMA RAM 0)		
0x00 E000	L6 DPSARAM (8K x 16) (0-Wait, DMA RAM 1)		
0x01 0000	L7 DPSARAM (8K x 16) (0-Wait, DMA RAM 2)		
0x01 2000	L8 DPSARAM (8K x 16) (0-Wait, DMA RAM 3)		
0x01 4000	Reserved		
0x3D 7800	User OTP (1K x 16, Secure Zone + ECSL)		
0x3D 7BFA	Reserved		
0x3D 7C80	Calibration Data		
0x3D 7CC0	Get_mode function		
0x3D 7CD0	Reserved		
0x3D 7E80	PARTID		
	Calibration Data		
0x3D 7EB0	Reserved		
0x3D 8000	FLASH (128K x 16, 8 Sectors, Secure Zone + ECSL)		
0x3F 7FF8	128-Bit Password		
0x3F 8000	Boot ROM (32K x 16, 0-Wait)		
0x3F FFC0	<i>Vector (32 Vectors, Enabled if VMAP = 1)</i>		

图 7. F28054F 内存映射

表 4. 为 InstaSPIN-FOC 库分配的 F2805xF 内存

特性	F2806xF	F2806xM	F2805xF	F2805xM	F2802xF
FAST	是	是	是	是	是
SpinTAC	否	是	否	是	否
可被控制的最多电机数量	2	2	2	2	1
可重定位控制器结构	否	否	是	是	是
FAST 版本	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7
需要向项目添加公用库	否	否	否	否	是
ROM 库起始位置 [地址、十六进制]	3F 8000	3F 8000	3F 8808	3F 8808	3F C000
库需要的 RAM [大小、十六进制、字]	800	800	800	800	200
库起始 RAM [地址、十六进制]	01 3800	01 3800	00 8000	00 8000	00 0600

图 8 突出显示了这个库使用的 ROM 只执行内存块。只执行内存是一种无法进行读取访问的内存。

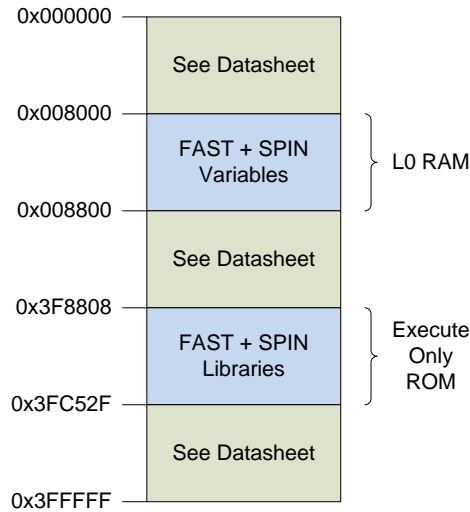


图 8. 为 InstaSPIN-FOC 库分配的 F2805xF 内存

8.3 安全区

F2805xF 器件可提供不同的安全区，供用户选用。记住，安全区配置可能会影响库接口的操作。例如，如果控制器对象所在的内存区域安全，则 ROM 中的库将不会写入此内存；因此未能正确更新控制器对象。有关更多详细信息，请参见《TMS320F2805x Piccolo 微控制器》数据手册（文献编号 [SPRS797](#)）中的安全部分。

为估算器预先分配的 ROM 和 RAM 中的库均位于 Z1 部分。确保可通过 Z1 安全区域访问用于放置连接库所使用的变量的 RAM。

8.4 连接器命令文件设置

为便于 2805xF 器件使用 InstaSPIN，必须保留 ROM 中库所用的易失性存储器。RAM 区域的以下代码列表显示了不可使用的 L0 RAM。为避免用户内存和库所用内存之间出现冲突，用户声明的变量不得使用此内存范围。

RAMM0	: origin = 0x000050, length = 0x0003B0
//RAML0	: origin = 0x000000, length = 0x000000
RAML1	: origin = 0x008800, length = 0x000800
RAML2	: origin = 0x009000, length = 0x000800
RAML3	: origin = 0x009800, length = 0x000800

8.5 连接 FAST ROM 库

为了连接 ROM 库，用户需在项目中包括一个库。此库包含 ROM 中软件的符号地址。以下是此特定产品系列对应符号库的相对 MotorWare 路径。

```
sw\modules\fast\lib\32b\f28x\f2805x
```

如 [图 9](#) 项目屏幕截图所示，项目中链接了一个仅符号库。

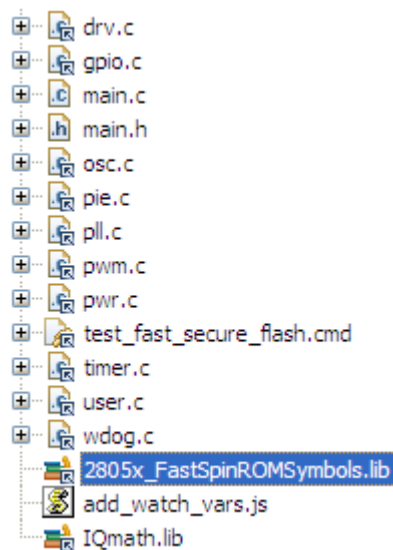


图 9. 具有 ROM 符号库的 2805x 项目

2805x 器件变型（est.h、est_Flux.h、est_Ls.h 和 est_Rs.h）需要图中所示相同的估算器头文件。

此外，如 F2805x 器件变型的相关说明，控制器对象 (CTRL_Obj) 的某些功能也包含在 ROM 中。以下相对路径是 TI 某款电路板器件的控制器头文件示例：

```
sw\solutions\instaspin_foc\boards\hvkit_rev1p1\f28x\f2805x\src\ctrl.h
```

8.6 引脚利用率

InstaSPIN-FOC 设计中的灵活性可支持多个电机。表 5 列出了每个电机使用的最少和最多引脚数量。请注意，一个 F2805xF 微控制器提供 (14 个) ePWM 输出，所采用的封装为 80 引脚封装。

表 5. 每个电机的引脚利用率

引脚类型	引脚名	每个电机的引脚用量	
		最小值	最大值
数字	PWM1A	3 (需要具有死区时间的外部故障和外部互补模式)	7
	PWM1B (可选)		
	PWM2A		
	PWM2B (可选)		
	PWM3A		
	PWM3B (可选)		
	触发区 (可选)		
模拟	IA	5 (只有两个电流，且无 VBUS 纹波补偿)	7
	IB		
	IC (可选)		
	VA		
	VB		
	VC		
	VBUS (可选)		

8.7 模拟前端 (AFE) 模块注意事项

在 InstaSPIN 应用中，相关算法需要电机线电流和相电压。在模拟电路处理完所有信号之后，处理器才能对这些模拟信号采样。外部模拟电路会增加组件成本并增大电路板尺寸。2805x 系列处理器可通过添加内部模拟调节组件（称为模拟前端 (AFE)）用于电机反馈信号来解决此类问题。

有关 2805x 器件的更多详细信息，请参见《TMS320x2805x Piccolo 技术参考手册》（文献编号 [SPRUHE5](#)）。

8.7.1 电流信号传输

在解决有关实施以及使用可编程增益放大器 (PGA) 和比较器的问题前，建议考虑如何将电流反馈信号从分流器传送到 PGA 的输入端。使用分流电阻器测量线路电流时，电流值必须很小，以降低分流器中的功耗量。由于电流值很小，因此分流器上会出现压降。这样便会有大量电流通过分流电阻器。从电源器件连接分流器到接地端的铜走线成为与分流器并联的电阻器。使用分流电阻器测量电机线路电流时，必须考虑铜走线上形成的寄生电阻。

AFE 最多可具有三个不同接地端。2805x 器件可具有多组放大器模块。每组放大器具有不同的接地端。在本文档中，M1 接地用于三个 PGA 构成的组，它们将分别反馈三相电机电流。对于具有功率因数校正的系统，存在另一个接地端为 PFC 接地的单一 PGA。固定增益放大器块使用 M2 接地端作为参考，在本文档中用于电机三相电压反馈。

此处介绍了两个用于为 AFE 的 M1 PGA 块反馈电机分流信号的选项。第一个选项仅将内部运算放大器用于电流反馈，如 图 10 所示。三个运算放大器针对反向输入共用同一接地端，因此不会产生分流差分信号。对于单端信号，将分流器接地时必须谨慎布线，以减小分流器间不同的走线电阻。建议将分流器接地端尽可能靠近在一起。走线必须从分流器的汇集点连接到集成电路的 M1gnd 引脚。由于放大器中可能加入共模噪声，因此 M1gnd 引脚和 PGA 输入必须尽可能短。三相电流的走线必须与 M1gnd 走线尽可能靠近，以便减小 Faraday 环路的大小。Faraday 环路在相电流走线周围形成，相电流走线从分流器顶部连接到 IC，然后背靠 M1gnd 走线连接到分流器底部，通过分流器后返回到分流器顶部。

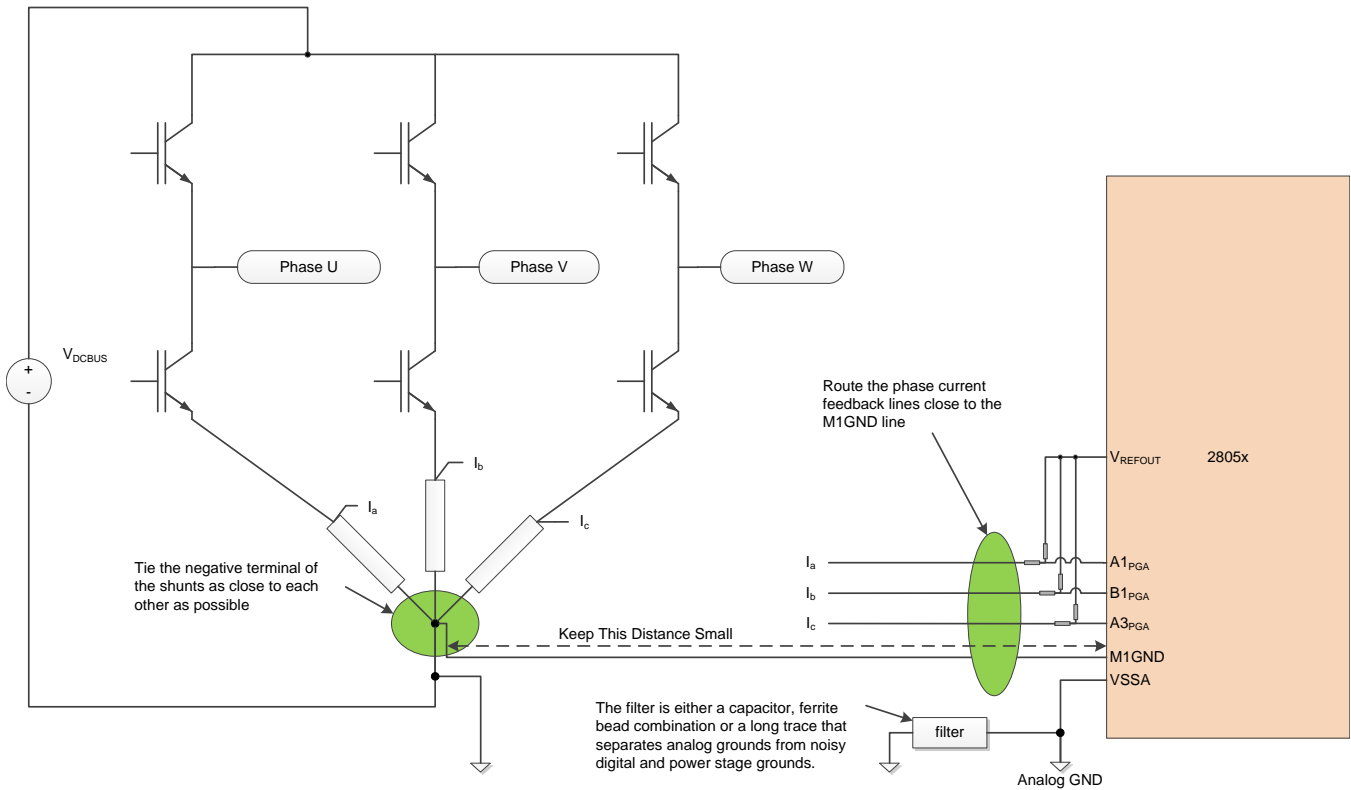


图 10. 电流信号通过单端连接直接传输到 PGA

第二个选项是在差分放大器配置中使用外部运算放大器，这种方法的抗扰能力最强。有效的 Kelvin 连接可直接反馈到差分放大器，然后将差分放大器的输出传送到 PGA 输入端。图 11 显示了使用外部差分运算放大器时的典型布线。由于 Kelvin 连接具有低阻抗特性并可产生真正的差分信号，因此具备极佳的抗扰度。外部运算放大器电路可将差分电路转换为单端输出。单端输出更容易受噪声干扰，因此最好将运算放大器的输出端靠近处理器的 AFE 输入端。

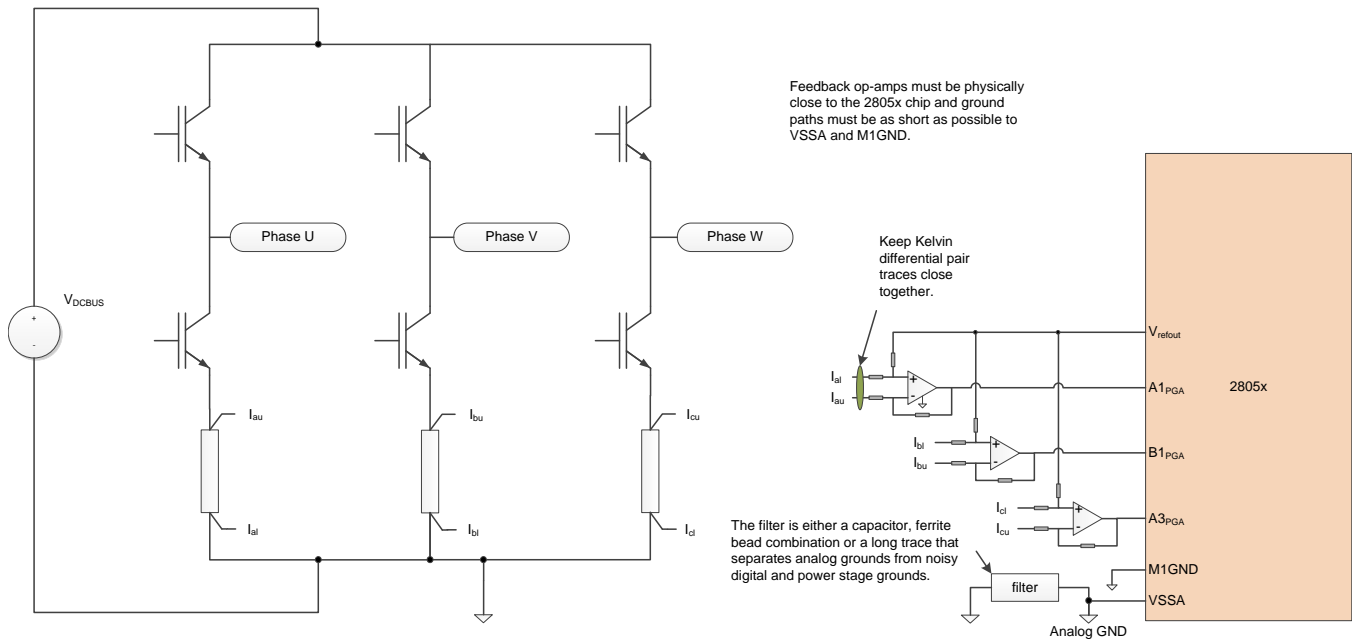


图 11. 使用外部差分放大器反馈相电流

为什么在使用外部放大器的同时使用 PGA？如果多个额定电流不同的电机通过同一个逆变器供电，则符合此情况。可对电流信号放大率进行调整，以便最适合受控电机的规模。PGA 块的输出即为比较器窗口的输入。仍需要连接 PGA 后才能使用故障检测电路。

8.7.2 基准电压连接

电流可以正向或反向流经分流器，相应生成的正向电压和反向电压可反馈回分流放大器电路。最经济高效的电机逆变器不会同时配备可处理这种双极信号的正向和反向电源。双极电流信号引入仅对从零到正电源电压有效的放大器。为了能够利用单极运算放大器电路测量双极信号，需将基准电压加入电流反馈运算放大器的同向侧。为此，2805x 器件的 AFE 包含一个具有电压跟随器的 6 位 DAC，可提供输出基准电压。图 12 中显示的电路配置可使用基准电压测量双极电流信号。

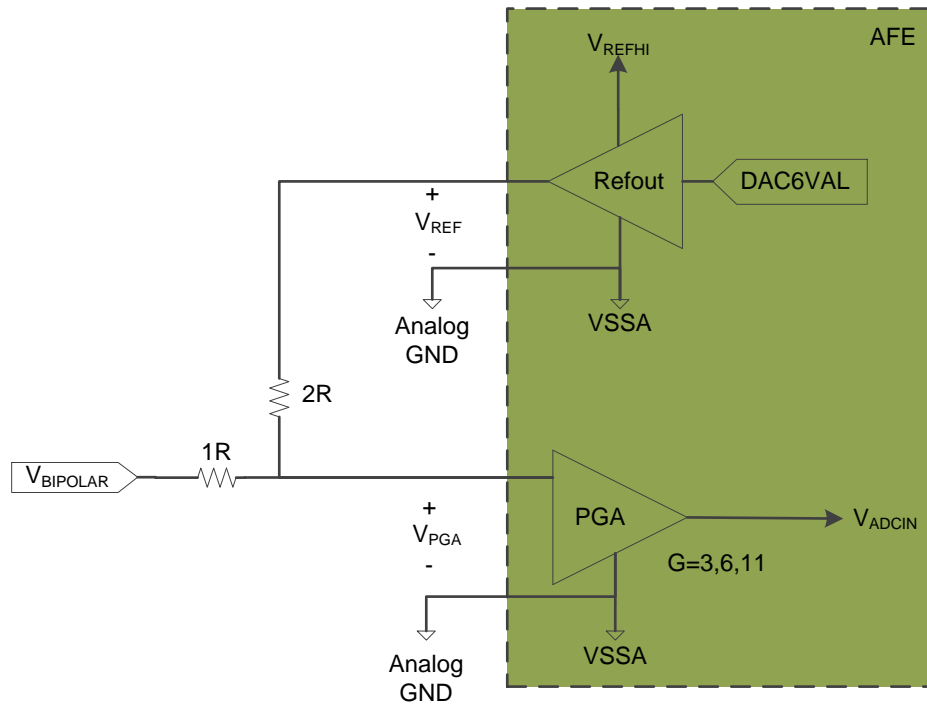


图 12. 使用 AFE 的内置基准电压测量双极信号

公式 1 显示了如何在 V_{PGA} 条件下计算电压。例如，设置 PGA 增益 = 3。 $V_{ADCIN} = 2V_{BIPOLAR} + V_{REF}$ 。假设系统的 $V_{REFHI} = 3.3V$ 。为实现双向最大电压摆幅，将 V_{REF} 设为 1.65V。此时，测得最大峰值 $V_{BIPOLAR}$ 电压为 $\pm 0.825V$ 。

$$V_{PGA} = \frac{2R \cdot (V_{BIPOLAR} - V_{REF})}{(1R + 2R)} + V_{REF} = \frac{2}{3}V_{BIPOLAR} + \frac{1}{3}V_{REF} \quad (1)$$

假设使用相同的硬件并且需要更高的分辨率。PGA 增益 = 6。 $V_{ADCIN} = 4V_{BIPOLAR} + 2V_{REF}$ 。 V_{REF} 必须调整为 0.825V。可测得最大峰值 $V_{BIPOLAR}$ 电压为 $\pm 0.4125V$ 。

基准电压输出由 6 位 DAC 调节。 $V_{REFOUTCTL}$ 电阻按照下面的公式 2 控制 DAC 的电压输出。

$$V_{REF} = \frac{V_{REFHI} \cdot (V_{REFOUTCTL_DACVAL} + 1)}{64} \quad (2)$$

8.7.3 电压信号传输

与电流信号相比，正弦电机控制驱动器中的电压信号会缓慢变化。因此，可将更大的硬件滤波器应用于电压反馈信号，这有助于增强抗噪能力。电压信号为单极信号，因此不需要使用特殊电路和基准电压。电压较低的电机（400 V_{DCBUS} 以下）通常只需要带电容式低通滤波器的电阻分压器。对于无刷直流电机控制，电压需要尽可能少地出现相移，因此，低通滤波性能取决于电机达到的最大速度。电压反馈信号布线的唯一关键在于：低通滤波器必须尽可能靠近 AFE 或 A/D 输入引脚。

术语和首字母缩略词定义

ACIM — Alternating current induction motor.

CCStudio — Code Composer Studio.

FAST — Unified observer structure which exploits the similarities between all motors that use magnetic flux for energy transduction, automatically identifying required motor parameters and providing the following motor feedback signals:

- High-quality **F**lux signal for stable flux monitoring and field weakening.
- Superior rotor flux **A**ngle estimation accuracy over wider speed range compared to traditional observer techniques independent of all rotor parameters for ACIM.
- Real-time low-noise motor shaft **S**peed signal.
- Accurate high bandwidth **T**orque signal for load monitoring and imbalance detection.

FOC — Field-oriented control.

Forced-Angle — Used for 100% torque at start-up until the FAST rotor flux angle tracker converges within first electrical cycle.

InstaSPIN-FOC — Complete sensorless FOC solution provided by TI on-chip in ROM on select devices (FAST observer, FOC, speed and current loops), efficiently controlling your motor without the use of any mechanical rotor sensors.

IPM — Interior permanent magnet motor.

Motor Parameters ID or Motor Identification — A feature added to InstaSPIN-FOC, providing a tool to the user so that there is no barrier between running a motor to its highest performance even though the motor parameters are unknown.

PI — Proportional-integral regulator.

PMSM — Permanent magnet synchronous motor.

PowerWarp™ — A mode of operation for AC induction motors (ACIM) that minimizes motor losses under lightly loaded conditions.

Rs-Offline Recalibration — InstaSPIN-FOC feature that is used to recalibrate the stator resistance, R_s , when the motor is not running.

Rs-Online Recalibration — InstaSPIN-FOC feature that is used to recalibrate the stator resistance, R_s , while the motor is running in closed loop.

SVM — Space-vector modulation.

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间接权利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, 但他们将独立负责满足与其产品及其应用中使用 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, 并且由客户独立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	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

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 © 2015, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司

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间接版权限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, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 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, 并且由客户独自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	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated