

AN1299 调整指南

本文档介绍了 AN1299 《PMSM 无传感器 FOC 的单电流检测电阻三相电流重构算法》（DS01299A_CN）中所述算法调整所需的步骤和设置。

1.1 配置双电流检测电阻模式

1. 第一步，用户需完成 AN1078 中的调整过程，其中介绍了在具体电机和硬件上运行滑模控制器（Slide Mode Controller，SMC）所需的全部步骤。
2. 应用运行后，将以下参数从 AN1078 的 UserParms.h 文件导入 AN1299 的 UserParms.h 文件。

表 1-1: 从 AN1078 导入 AN1299 UserParms.h 文件的参数

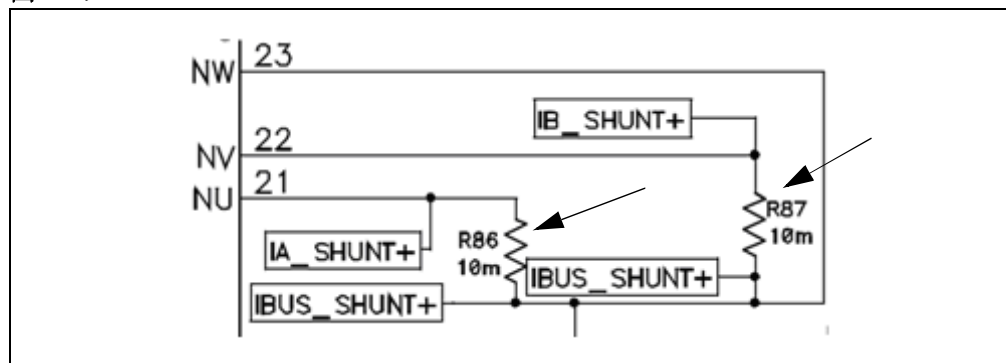
启动参数	#define LOCKTIMEINSEC
	#define OPENLOOPTIMEINSEC
	#define INITIALTORQUE
	#define ENDSPEEDOPENLOOP
电机参数	#define POLEPAIRS
	#define PHASERES
	#define PHASEIND
	#define NOMINALSPEEDINRPM
	#define MINSPEEDINRPM
振荡器参数	#define FIELDWEAKSPEEDRPM
	#define PLLIN
PWM 和控制时序参数	#define DESIREDMIPS
	#define PWMFREQUENCY
	#define DEADTIMESEC
	#define BUTPOLLOOPTIME
滑模控制器参数	#define SPEEDLOOPFREQ
	#define SMCGAIN
	#define MAXLINEARSMC
	#define FILTERDELAY
硬件参数	#define VDD

表 1-1: 从 AN1078 导入 AN1299 UserParms.h 文件的参数 (续)

PI 系数	#define DKP
	#define DKI
	#define DKC
	#define DOUTMAX
	#define QKP
	#define QKI
	#define QKC
	#define QOUTMAX
	#define WKP
	#define WKI
	#define WKC
	#define WOUTMAX
ADC 定标	#define DQK
	#define DQKA
	#define DQKB
弱磁	#define dqKFw0
	#define dqKFw1
	#define dqKFw2
	#define dqKFw3
	#define dqKFw4
	#define dqKFw5
	#define dqKFw6
	#define dqKFw7
	#define dqKFw8
	#define dqKFw9
	#define dqKFw10
	#define dqKFw11
	#define dqKFw12
	#define dqKFw13
	#define dqKFw14
	#define dqKFw15

- 首先让 AN1299 以双电流检测电阻模式运行。将电流检测电阻值添加到 UserParms.h 文件中。该电阻值从三相逆变器接至电源地。以使用 dsPICDEM™ MCHV 开发板为例说明。电阻连接如图 1-1 所示。

图 1-1:



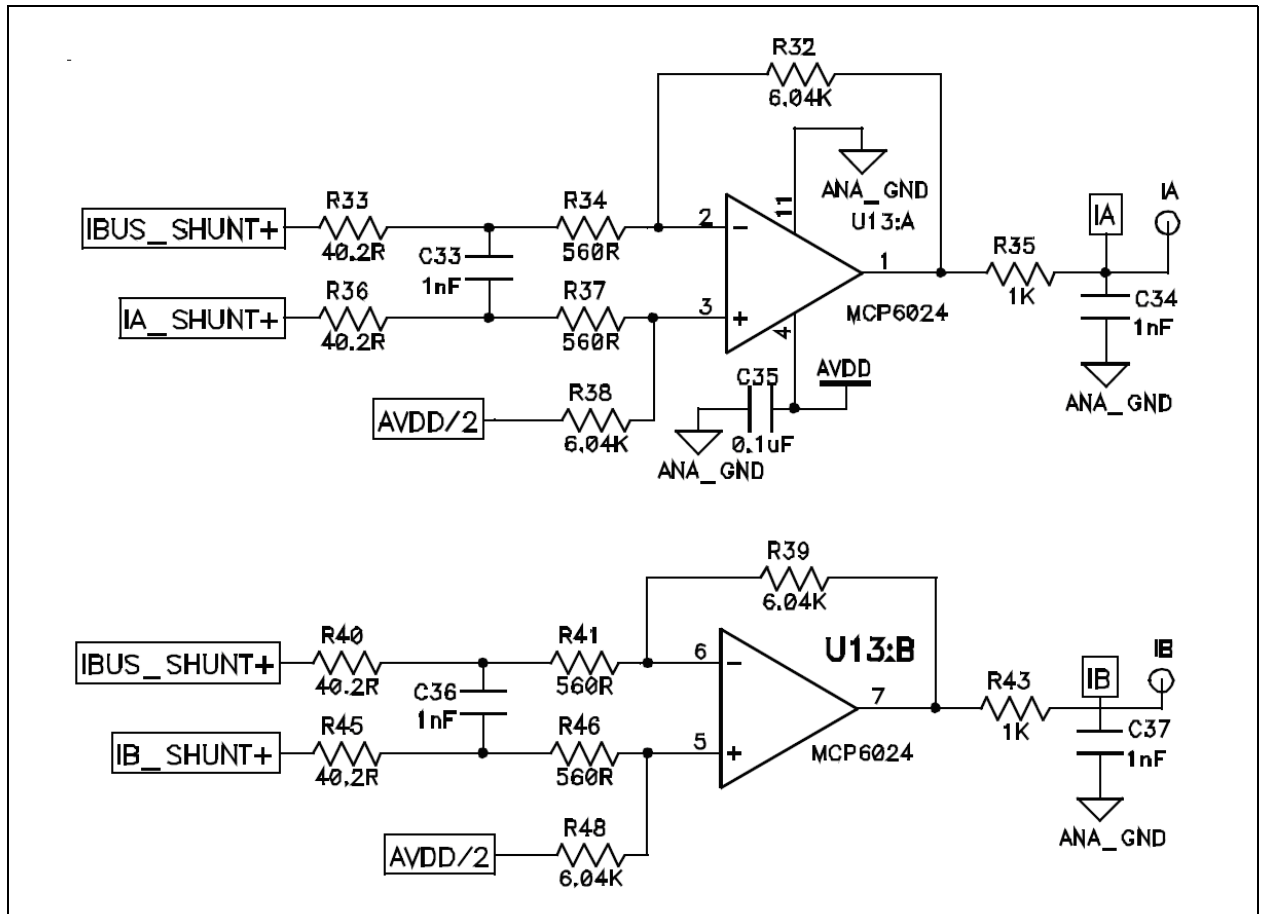
以上是双电流检测电阻的电阻值，假设二者的值相同，则按以下格式将这个 10 mΩ 值输入到 UserParms.h 文件中：

```
//***** Hardware Parameters *****

#define RSHUNT          0.010    // Value in Ohms of shunt resistors used.
```

4. 设置电流检测电阻值后，输入用于放大两个电流检测电阻的差分放大器增益。假设两个放大器增益相同，见图 1-2。

图 1-2:



UserParms.h 的值为： $6.04K / (560 + 40.2) = 10.0633$ ：

```
#define DIFFAMPAIN      10.0633 // Gain of differential amplifier.
```

5. 所有参数都输入 AN1299 源代码以后，将下面一行注释掉即可以双电流检测电阻模式运行应用代码：

```
//#define SINGLESUNT    // define that enables single shunt three phase
                        // reconstruction. If this is not defined, control will run
                        // in dual shunt resistor mode.
```

确保代码按 AN1078 调整步骤的说明运行。

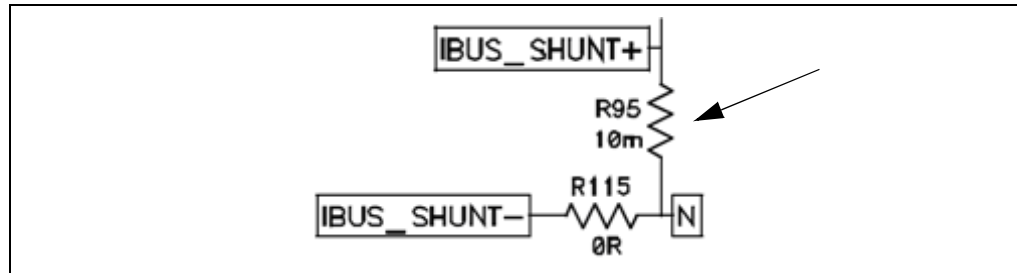
1.2 配置单电流检测电阻模式

1. 应用代码以双电流检测电阻模式运行时，在 UserParms.h 文件中定义以下内容来使能单电流检测电阻算法：

```
#define SINGLESUNT // define that enables single shunt three phase
// reconstruction. If this is not defined, control will run
// in dual shunt resistor mode.
```

2. 在 UserParms.h 文件中输入 IBUS 电流检测电阻的值。该电阻值从三相逆变器接至电源地。以使用 dsPICDEM™ MCHV 开发板为例说明。该电阻的位置如图 1-3 所示。

图 1-3:

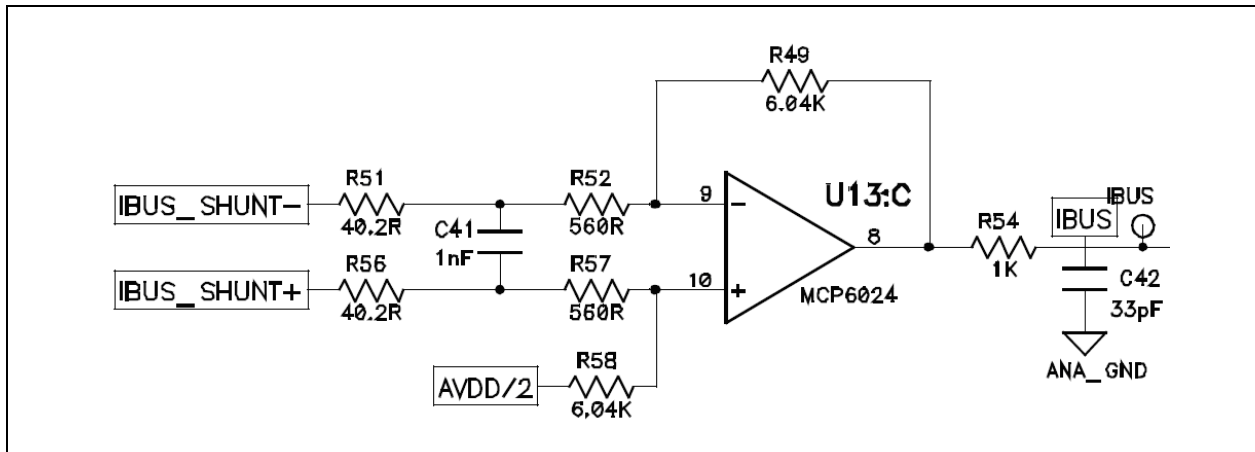


这是单电流检测电阻的电阻值。在 UserParms.h 文件中输入值 10 mΩ，如下所示：

```
//***** Hardware Parameters *****/
#define RSHUNT          0.010 // Value in Ohms of shunt resistors used.
```

3. 设置单电流检测电阻值后，输入用于放大电流检测电阻的差分放大器增益，见图 1-4。

图 1-4:



UserParms.h 的值为： $6.04K / (560 + 40.2) = 10.0633$ ：

```
#define DIFFAMPAIN      10.0633 // Gain of differential amplifier.
```

4. 完成硬件更改后，现在开始调整 MPLAB IDE。在 MPLAB IDE 中使能 RTDM 和 DMCI 以便能对变量进行实时监控，确保所测单电流检测电阻电流没有过多噪声，并且单电流检测电阻测量的最小窗口宽度足以得到正常读数。默认情况下已经使能，如下所示。

```
#define RTDM          // This definition enabled Real Time Data Monitor, UART interrupts
                      // to handle RTDM protocol, and array declarations for buffering
                      // information in real time
```

5. 通过以下方式监控三个电流以及 I_{bus}:

```
#define SNAP1         Ia
#define SNAP2         Ib
#define SNAP3         Ic
#define SNAP4         Ibus
```

这在 UserParms.h 文件中已经设置。

6. 使电机仅在开环模式下运行，这样能监控变量，并且避免在电流测量不正确时发生堵转。要在开环模式下运行算法，请确保定义以下内容：

```
#define OPENLOOPONLY // When this is defined, no transition to sensorless
                      // control is done, so dsPIC keeps running the motor
                      // with forced commutation, and no use of theta and speed
                      // estimator output
```

7. 下载代码并在使能 RTDM 的情况下运行。关于如何利用 RTDM 通信运行增强型演示的分步指导，请参见源代码存档文件中的 AN1299 Demo ReadMe (MCHV).pdf 或 AN1299 Demo ReadMe (MCLV).pdf 文件。

在启动爬坡后，软件仍将处于开环模式，因此不能使用所估算位置和速度来控制电机。重构后的电流 I_A、I_B 和 I_C 应类似正弦曲线，见图 1-5。在过零时可能出现一些失真，这是正常现象。

图 1-5:

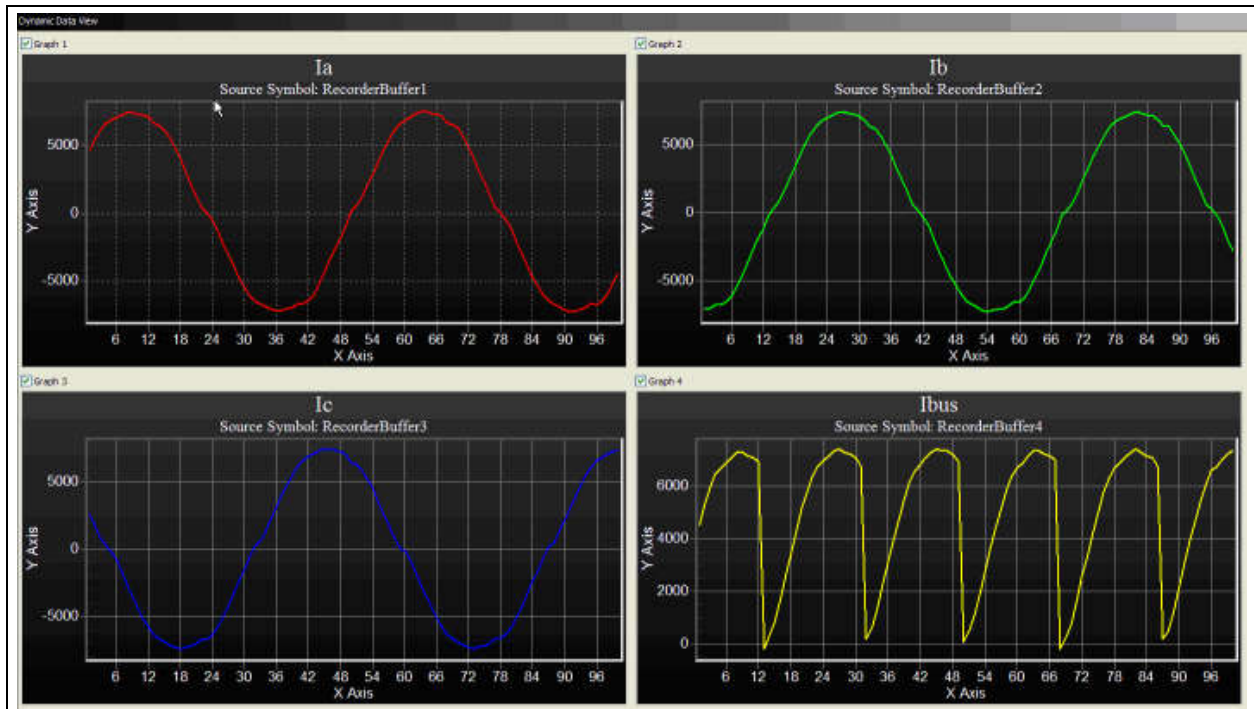
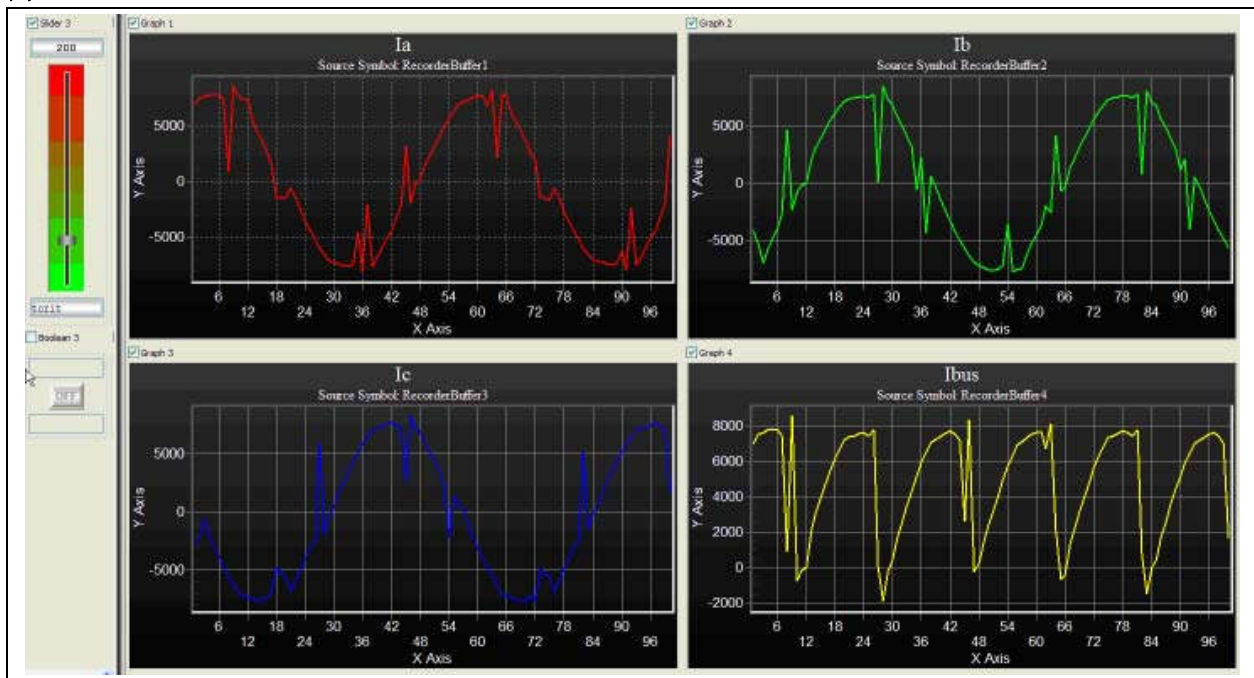


图 1-5 显示了调整良好的系统中的电流。
但是，电流可能带有噪声，如图 1-6 中的示例所示。

图 1-6:

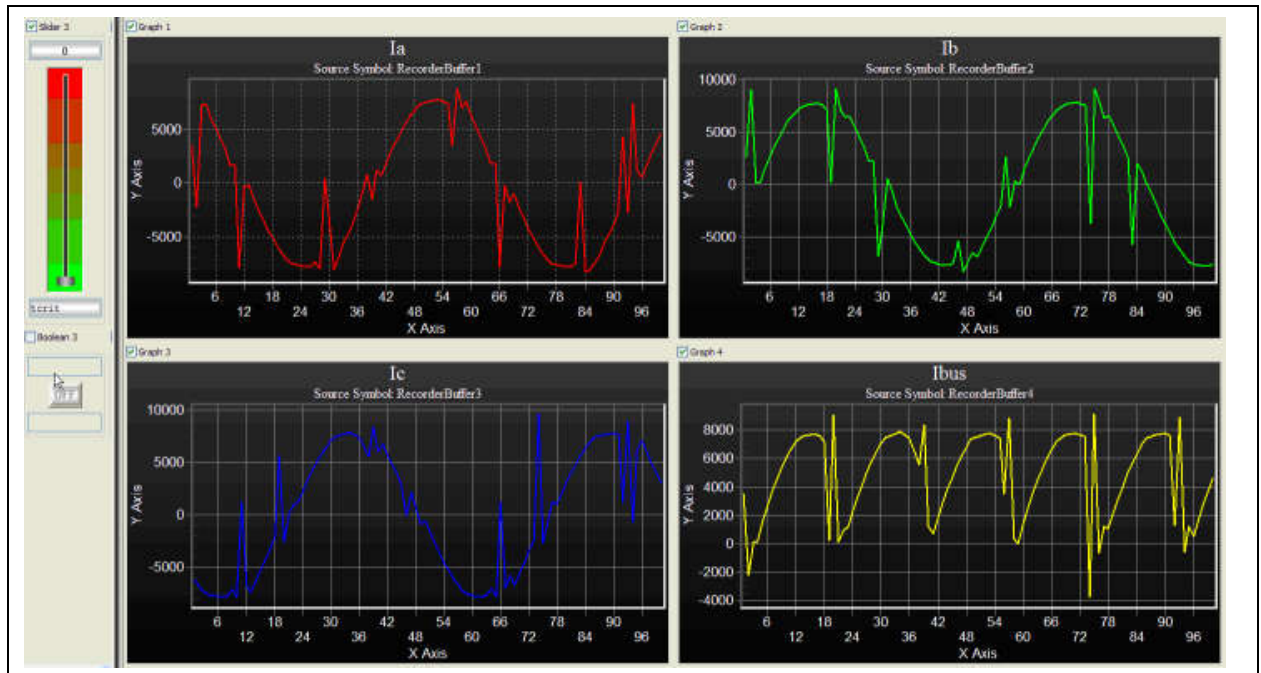


8. 注意，如果已知 OPAMP 斜率和延时，然后在以下定义中输入一个值（单位为秒），可对名为 `tcrit` 的滑动条进行调整。值 `3.5E-6` 是建议初始值，可通过实验调整此值来消除 `Ia`、`Ib`、和 `Ic` 中的噪声。

```
//***** Single Shunt Algorithm Parameters *****
#define SSTCRITINSEC    3.5E-6 // Critical Minimum window in seconds to measure
                           // current through single shunt
```

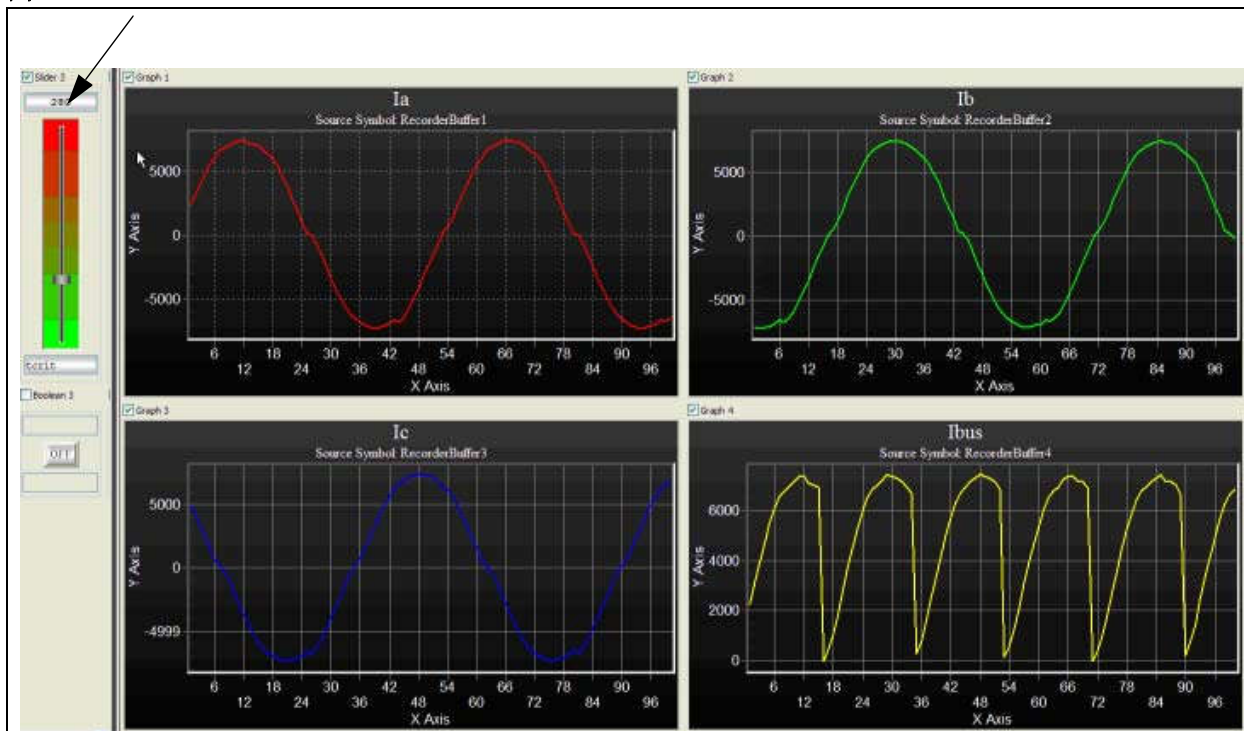
9. 另一种方法是开始先将 `tcrit` 值设为零，这意味着在测量单电流检测电阻电流时无模式修改，结果类似于图 1-7。

图 1-7:



10. 然后逐渐增加该值，直到噪声不复存在。采用 dsPICDEM™ MCLV 和 Hurst 电机运行此应用笔记时，消除重构信号中的所有噪声需要使用的值为 280。

图 1-8:



请记住即使电流类似正弦曲线，tcrit 值越大，电压波形中的失真就越多。电压失真会导致噪音，需要将其降至最小。

找到最佳 tcrit 值后，使用以下公式将其换算为秒：

$$tcrit \text{ (秒)} = tcrit / (MIPS * 2)$$

因此，如果值 tcrit = 280 时具有最佳效果，则需要将以下值输入 UserParms.h 中：

$$SSTCRITINSEC = 280 / (40 \text{ MIPS} * 2) = 3.5 \mu s$$

（假设 CPU 运行速度为 40 MIPS）

```

//***** Single Shunt Algorithm Parameters *****

#define SSTCRITINSEC    3.5E-6 // Critical Minimum window in seconds to measure
                             // current through single shunt

```

11. 设置 SSTCRITINSEC 后，通过注释掉以下代码来使能闭环：

```

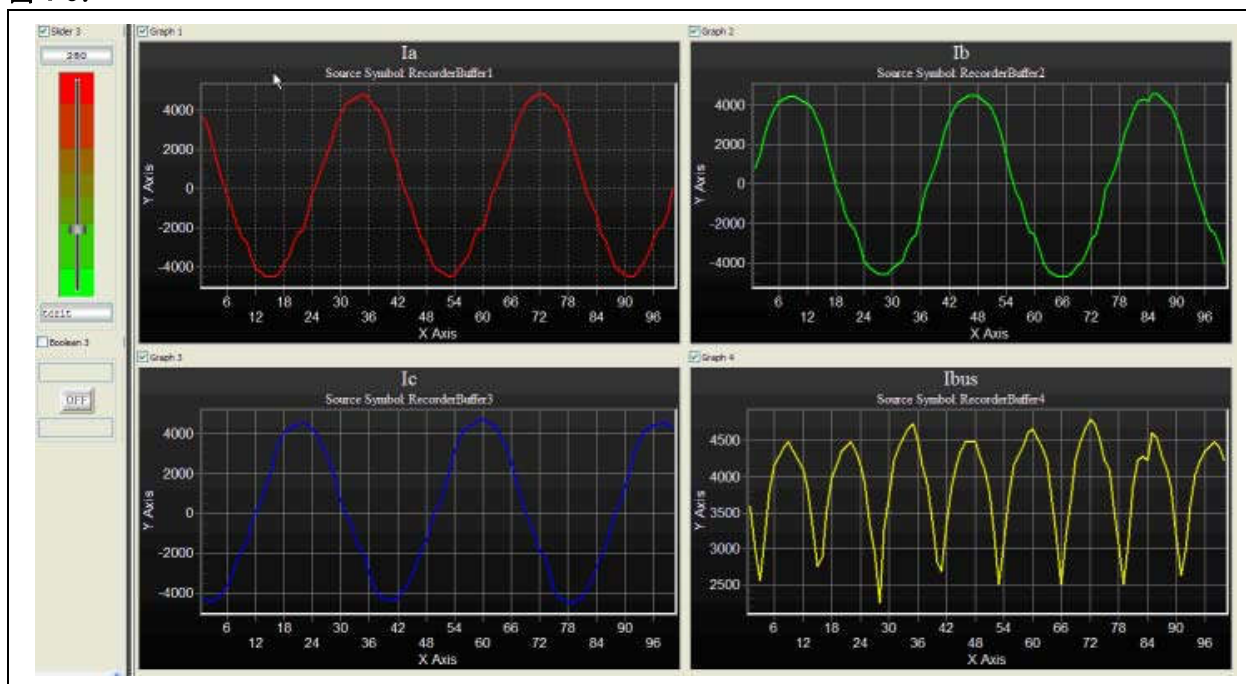
// #define OPENLOOPONLY // When this is defined, no transition to sensorless
                        // control is done, so dsPIC keeps running the motor
                        // with forced commutation, and no use of theta and speed
                        // estimator output

```

注： 如果任何用户参数定义发生改变，需要重新编译项目并对 DSC 重新编程。

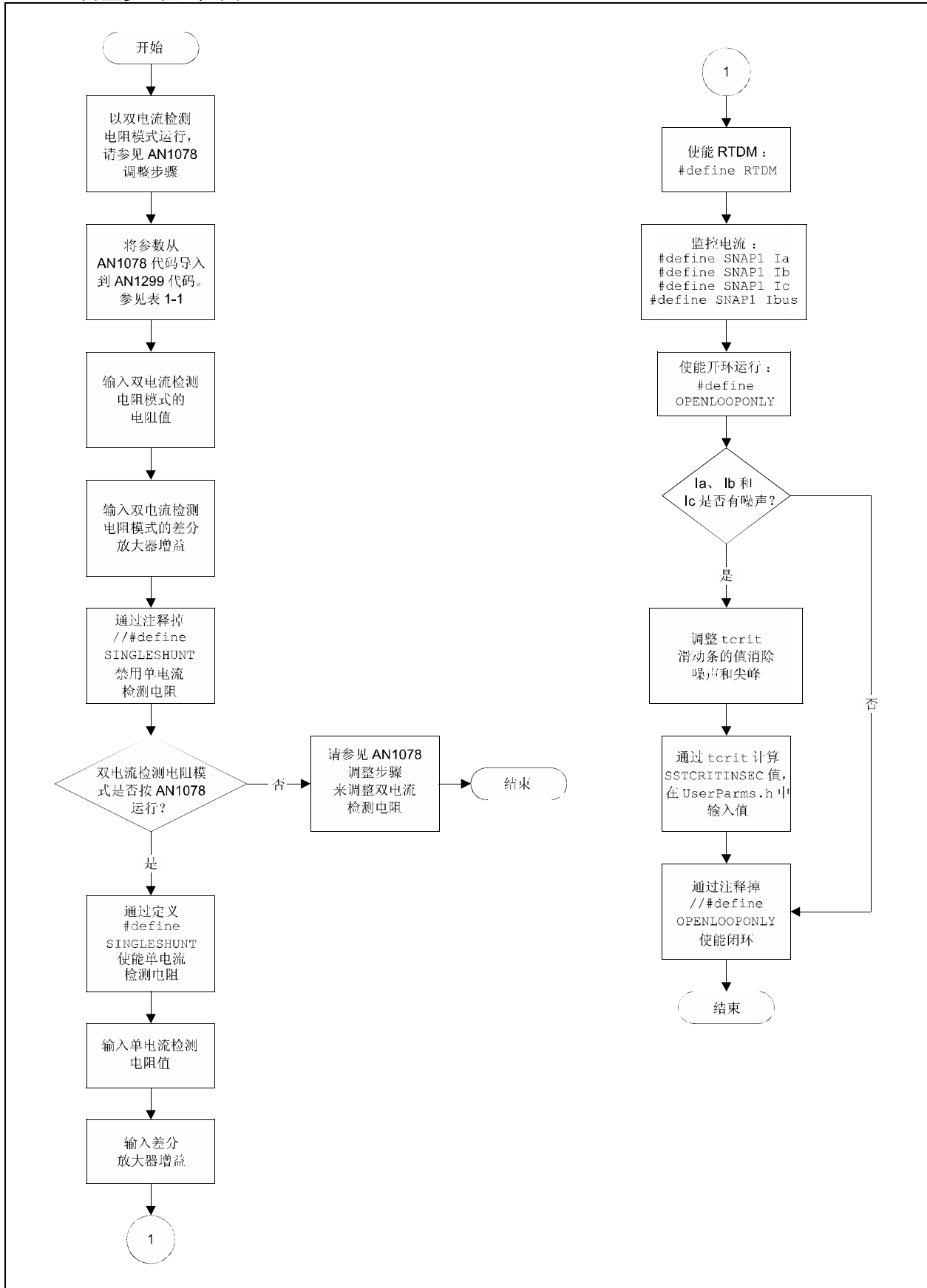
12. 运行电机，测量运行在闭环模式下时的电流。在电机上施加一些负载，观察对电机电流的影响，其结果应如图 1-9 所示。

图 1-9:



如果噪声仍然存在，尝试微调 t_{crit} 值，以获得更多时间来测量单电流检测电阻中电流。这样能使三相电流重构时的噪声达到最小。

1.3 调整步骤流程图



请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rfPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2010, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-60932-747-7

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277
技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

亚太地区

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820