TB3193

PIC16(L)F191XX 系列的主动时钟调节

简介

有效时钟调节（Active Clock Tuning，ACT）是 PIC16(L)F191XX 系列器件上的一项功能。ACT 模块通过持续调节高频内部振荡器（HFINTOSC）发挥作用，使用连接到辅助振荡器（SOSC）引脚的可用外部 32.768 kHz 振荡器来达到±1.0%的时钟精度。由于 PIC16(L)F191XX 系列不支持其他外部晶振模式，因此添加了 ACT，从而无需外部高精度时钟源。提高 ACT 模块的精度对 UART、SPI 和 I^2C 等串行通信很有用。

© 2018 Microchip Technology Inc.

目录

简介 1

1. 有效时钟调节 3
   - 1.1. 辅助振荡器初始化 3
   - 1.2. 外设模块禁止初始化 3
   - 1.3. 有效时钟调节初始化 3
   - 1.4. 有效时钟调节更新禁止 4
   - 1.5. 有效时钟调节锁定状态 4
   - 1.6. 有效时钟调节超出范围状态 4
   - 1.7. 有效时钟调节中断 4

2. 有效时钟调节精度 5

3. 结论 10

Microchip 网站 11

变更通知客户服务 11

客户支持 11

Microchip 器件代码保护功能 11

法律声明 12

商标 12

DNV 认证的质量管理体系 13

全球销售及服务网点 14

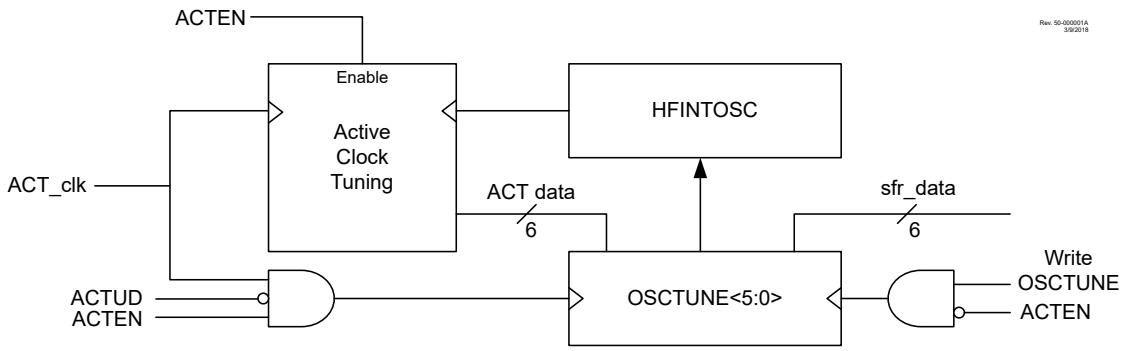
© 2018 Microchip Technology Inc.

1. 有效时钟调节

ACT 模块需要使用连接到 SOSC 引脚的 32.768 kHz 外部晶振。然后，将 SOSC 时基用于在数据手册指定的器件电压和温度范围内调节 HFINTOSC 的频率。ACT 模块通过实时主动调节 OSCTUNE<5:0>位来执行此操作，以密切保持校准后的振荡器频率。

使能 ACT 模块后，OSCTUNE 位对用户为只读。使能模块后将禁止用户写入任何内容。ACT 模块将按指定的 ACT 更新速率来更新 OSCTUNE 位，以此调节 HFINTOSC 来保持校准后的频率。ACT 模块无需用户软件交互即可运行，仅依赖于初始模块配置。

图 1-1. 有效时钟调节框图



ACT 模块将 SOSC 作为不同电压和温度下的“固定”参考源，从而将内部 HFINTOSC 设为高精度振荡器。ACT 的精度将达到应用中使用的 32.768 kHz 晶振。请务必注意，如果所选晶振在不同电压或温度下相差很大，HFINTOSC 也将表现出相同的行为。

1.1 辅助振荡器初始化

SOSC 是器件中的独立振荡器模块，它是使用 ACT 模块所必需的。振荡器模块已针对连接到 SOSCI 和 SOSCO 引脚的 32.768 kHz 晶体振荡器进行优化。有两个与 SOSC 配置相关的寄存器位：OSCCON3 的辅助振荡器功耗模式选择（SOSCPWR）位和 OSCEN 的辅助振荡器手动请求（SOSCEN）位。

如果发生上电复位（Power-on-Reset，POR）事件，SOSCPWR 将清零，并在低功耗模式下运行。SOSCEN 位也将清零，使 SOSC 进入可由其他外设使能的状态。这些设置允许 ACT 模块使能 SOSC。

在低功耗应用（例如电池供电器件）中，适合使用 SOSCPWR 的低功耗设置。对于需要较高驱动能力的晶振，可能需要使用高功耗模式。要使能高功耗模式，必须将 OSCCON3 的 SOSCPWR 位置 1。

1.2 外设模块禁止初始化

外设模块禁止（Peripheral Module Disable，PMD）使用户能够禁止所选模块，将其置于最低功耗状态。PMD0 寄存器的禁止有效时钟调节（ACTMD）位默认已清零，这意味着模块已使能。可以通过将 PMD0 寄存器的 ACTMD 位置 1（ACTMD = 1）来手动禁止 ACT 模块。

1.3 有效时钟调节初始化

通过对 ACTCON 寄存器进行写操作，使能 ACT 模块。如果用户需要对 SOSC 或 PMD 模块进行任何更改，需要在它们相应的寄存器中进行这些更改。通过将 ACTCON 寄存器的 ACTEN 位置 1 来使能 ACT。

© 2018 Microchip Technology Inc.

使能后，ACT 将接管 OSCTUNE 寄存器。OSCTUNE 寄存器在每个参考时钟周期会自动调节。以下代码演示了有效时钟调节的基本设置和配置。

```
…
// Set SOSC to high-power mode, Application/Crystal dependent
OSCCON3bits.SOSCPWR = 1;

// PMD (ACTMD) module enable, Not a requirement
PMD0bits.ACTMD = 0;

// Enable ACT
ACTCONbits.ACTEN = 1;
…
```

1.4 有效时钟调节更新禁止

通过将 ACTCON 寄存器的 ACT 更新禁止（ACT Update Disable，ACTUD）位置 1，暂停有效时钟调节。在此模式下，ACT 模块仍处于使能状态，但不再更新 OSCTUNE 寄存器。ACTUD 和 ACTEN 置 1 时，用户无法对 OSCTUNE 寄存器进行写操作。

1.5 有效时钟调节锁定状态

ACTCON 寄存器的 ACT 锁定（ACT Lock，ACTLOCK）位用于传达 ACT 模块的状态。HFINTOSC 成功地在标称值±1.0%的范围内调节后，硬件会将 ACTLOCK 位置 1，该位对于用户只读。在失锁、器件重置以及禁止 ACT 模块这三种情况下，会清零 ACTLOCK 位。在初始 SOSC 启动、SOSC 故障以及 ACT 超出范围的情况下，可能会发生失锁。

1.6 有效时钟调节超出范围状态

如果 ACT 需要的 OSCTUNE 值超出 OSCTUNE 寄存器的范围，ACTCON 寄存器的 ACT 超出范围（ACT Out-of-Range，ACTORS）位将由硬件置 1。在两种情况下可能会出现超出范围状态。

- 当 HFINTOSC 调节到最低频率，而 ACT 模块需要一个 OSCTUNE 可接受的更低频率时，硬件将 ACTORS 位置 1。
- 当 HFINTOSC 调节到最高频率，而 ACT 模块需要一个 OSCTUNE 可接受的更高频率时，硬件将 ACTORS 位置 1。

在发生超出范围事件时，HFINTOSC 将继续使用最后写入的 OSCTUNE 值。当 ACT 模块请求一个在 OSCTUNE 可调节范围内的频率且硬件将 ACTLOCK 位置 1 时，硬件会立即清零 ACTORS 位。请注意，该位是只读位。

1.7 有效时钟调节中断

通过将 PIE6 寄存器的时钟恢复中断允许（Clock Recovery Interrupt Enable，CRIE）位置 1，允许 ACT 模块中断。除了 CRIE 位，还需通过将 INTCON 寄存器的外设中断允许（Peripheral Interrupt Enable，PEIE）位置 1 来允许外设中断。允许这些中断后，需要将 INTCON 寄存器的全局中断允许（Global Interrupt Enable，GIE）位置 1 以使中断发生。

当 ACTLOCK 或 ACTORS 位改变状态且模块使能（ACTEN = 1）时，PIR6 寄存器的时钟恢复中断标志（Clock Recovery Interrupt Flag，CRIF）位置 1。这样一来，只要 ACT 模块改变状态就会产生中断。不会在每次 OSCTUNE 更新时产生中断，除非更新导致锁定状态改变。

© 2018 Microchip Technology Inc.

2. 有效时钟调节精度

ACT 可通过持续更新 OSCTUNE 寄存器来提高 HFINTOSC 的精度。为了比较指令时钟的精度，收集了不同温度（-40°C 至 125°C）和电压（2.3V 至 5.5V）下的数据。第一个测试用例显示了未使能 ACT 时的指令时钟精度，第二个测试用例显示了使能 ACT 时的时钟精度。初步数据是从多个 PIC16F19186 器件收集的，其中 HFINTOSC 设置为 8 MHz 工作，并且时钟分频器被设置为 4，使得系统时钟为 2 MHz。

使用的 SOSC 振荡器是 NDK NX2012SA-32.768K-STD-MUB-1 晶振，具有两个 Panasonic ECJ-1VC1H090D 9pF、50V、NP0、0603 大小的陶瓷电容。使用其他晶振和电容或当有负载电阻（Rs）与电容串联时，用户结果将有所不同。不同电压和温度下晶振频率的差异也会影响精度。

图 2-1 显示禁止 ACT 时，不同电压（从 2.3V 到 5.5V）下随温度变化的频率偏差百分比，中心温度为 25°C。 图 2-2 显示使能 ACT 时的相同信息。请注意，使能 ACT 时的偏差百分比为±0.07%。这比 PIC16(L)F191XX 器件数据手册中的标称值小很多。仅当在数据收集中使用特定晶振、电容和 PCB 时，才能得出这些结果，实际用户结果将有所不同。

图 2-1. ACT 禁止时的系统时钟精度

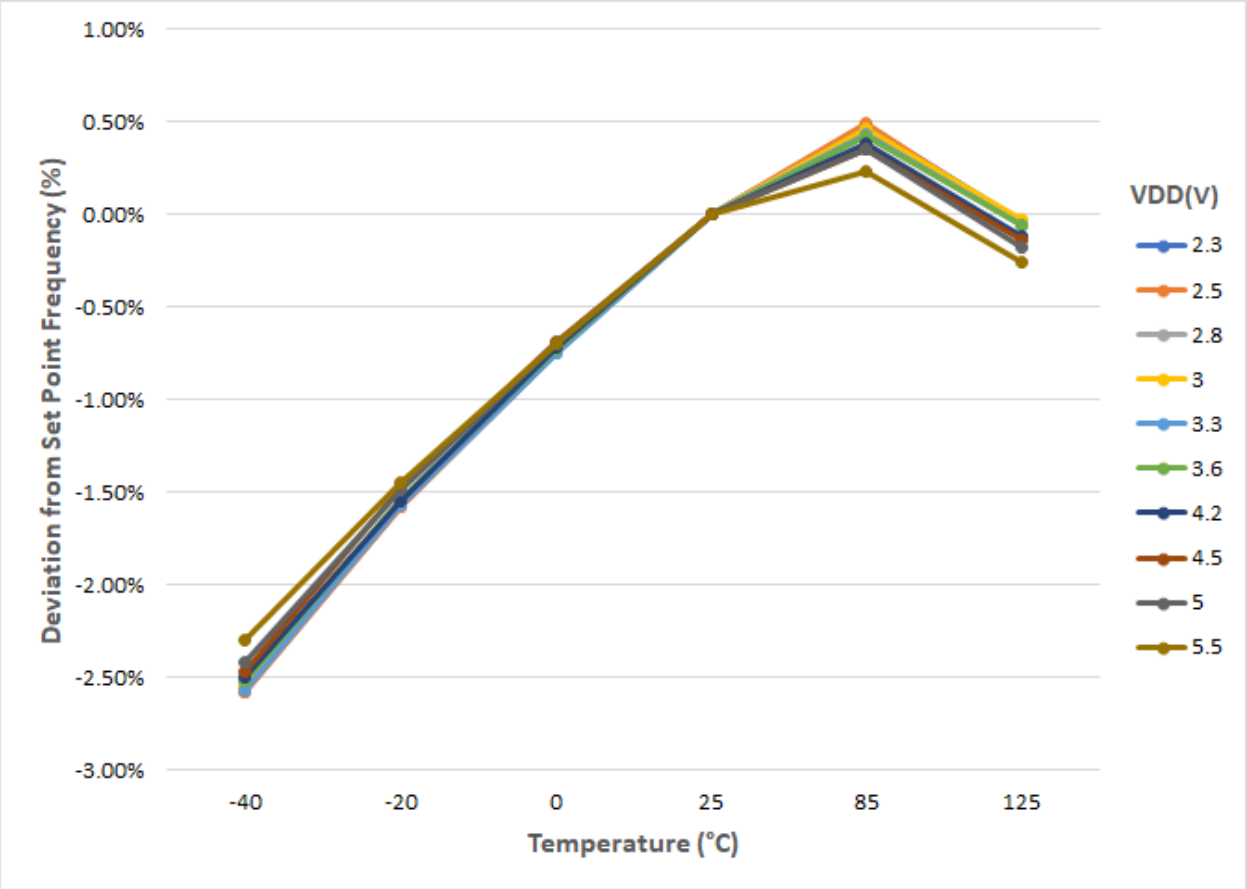


图 2-2. ACT 使能时的系统时钟精度

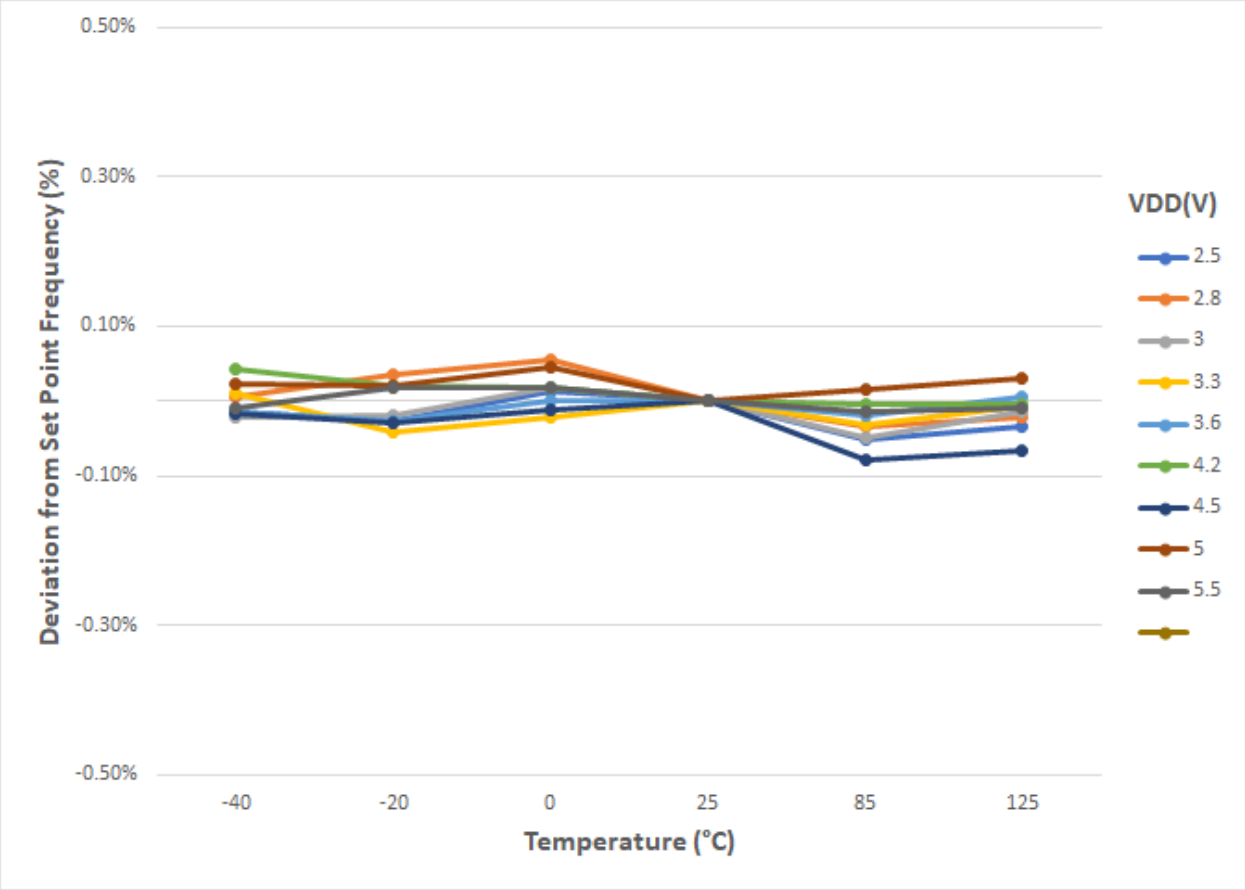


图 2-3 显示禁止 ACT 时，常见系统电压范围（从 2.3V 到 5.5V）下随温度变化的频率。在图 2-4 中收集了使能 ACT 时的相同信息。此处显示，在使能 ACT 时，不同温度和电压下的频率偏差小于禁止 ACT 时的偏差。

图 2-3. ACT 禁止时的频率变化

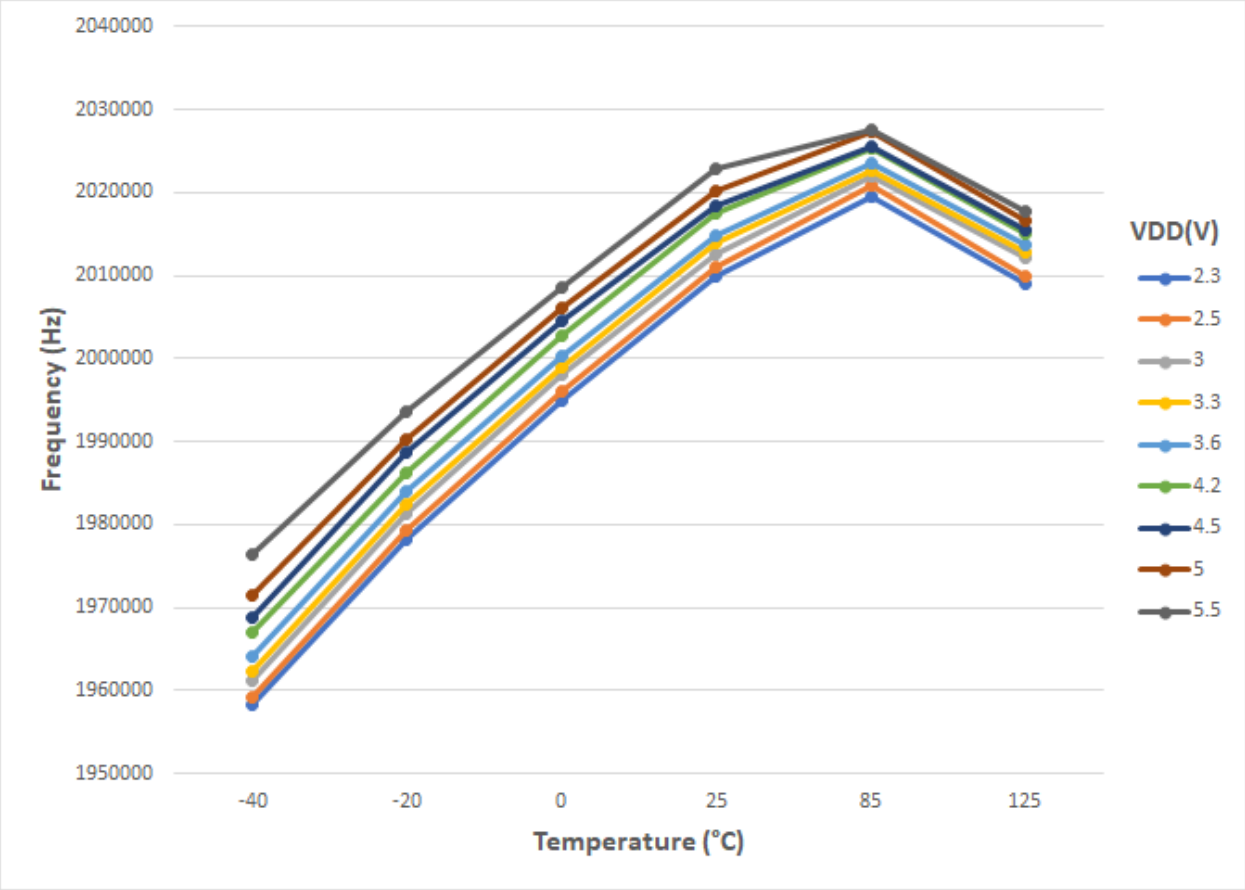


图 2-4. ACT 使能时的频率变化

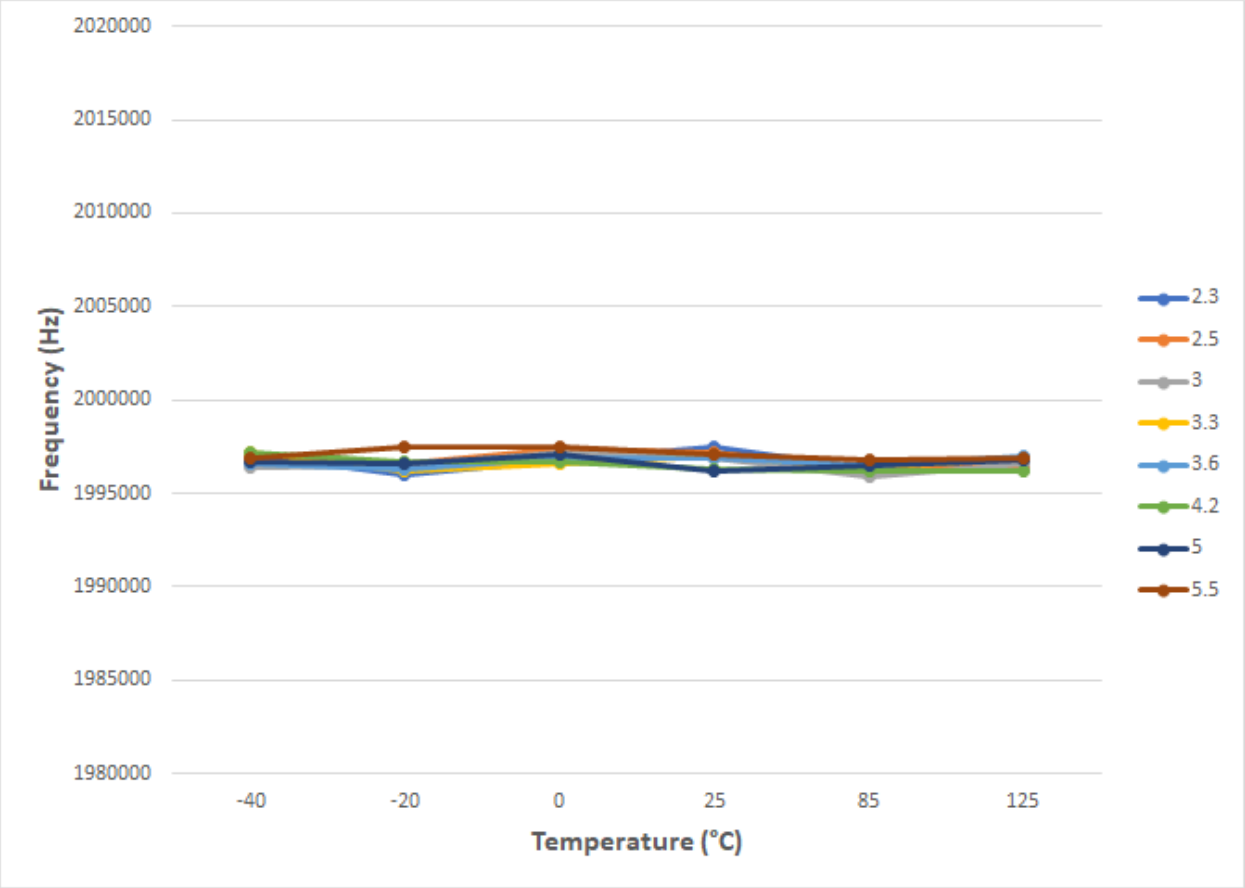
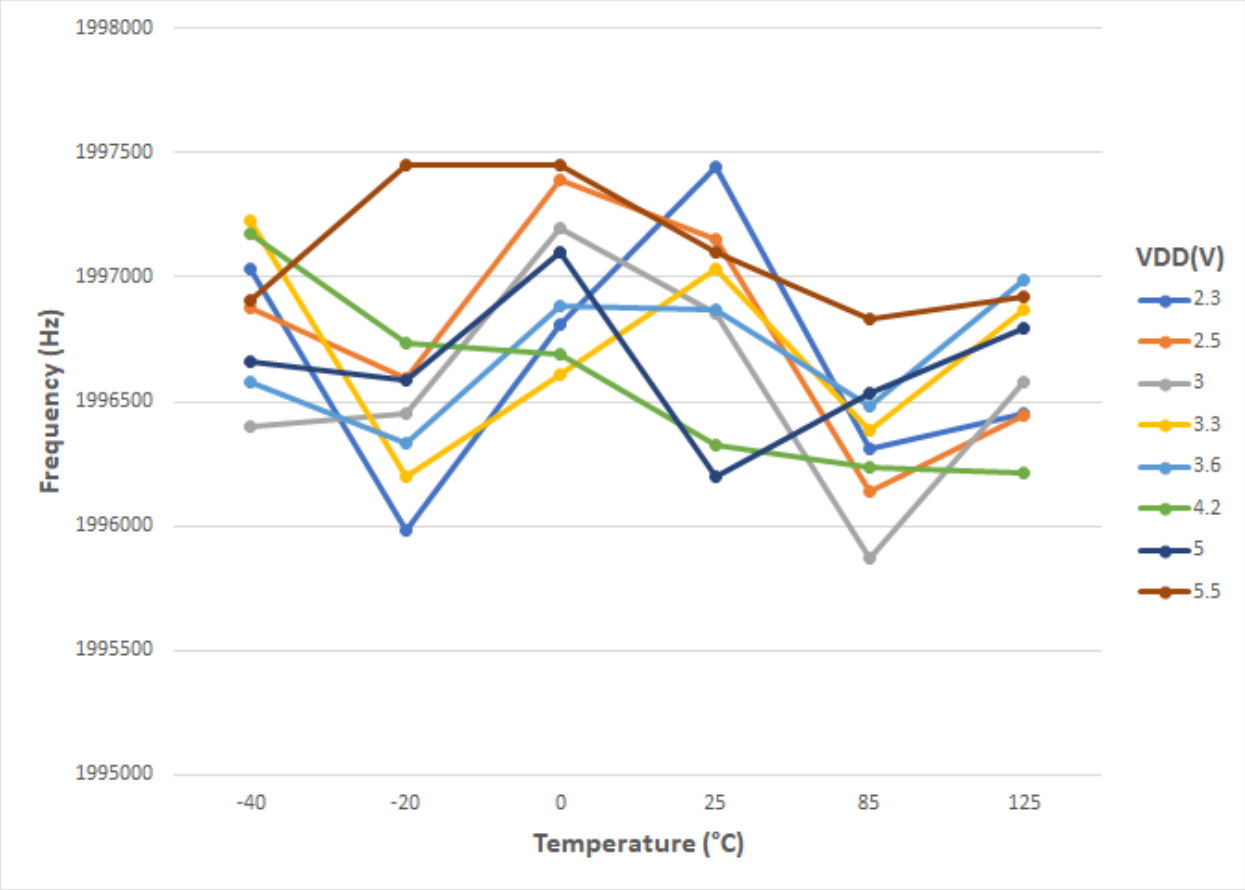


图 2-5. ACT 使能时的频率变化（放大后视图）



3. 结论

PIC16(L)F191XX 系列器件上的有效时钟调节功能可以提供比独立 HFINTOSC 更高精度的时钟源。如第 2 节：有效时钟调节精度中所述，通过为辅助振荡器添加外部晶振和相关电容，可以实现这一点。在需要更高精度的时钟的应用中，无需使用昂贵的外部时钟源，将一个低成本的 32.768 kHz 晶振连接到 SOSC 引脚，ACT 即可满足应用的时钟规范。

© 2018 Microchip Technology Inc.

Microchip 网站

Microchip 网站 http://www.microchip.com/为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下信息：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题（FAQ）、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请登录 Microchip 网站 http://www.microchip.com/。在“支持”（Support）下，点击“变更通知客户”（Customer Change Notification）服务后按照注册说明完成注册。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师（FAE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师（FAE）寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过以下网站获得技术支持： http://www.microchip.com/support

Microchip 器件代码保护功能

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 愿意与关心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。

法律声明

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。除非另外声明，否则在 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、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 和 XMEGA 是 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc.在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 是 Microchip Technology Inc.的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN： 978-1-5224-3122-0

DNV 认证的质量管理体系

ISO/TS 16949

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-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 和 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严格遵守公司的质量体系流程。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。

© 2018 Microchip Technology Inc.

全球销售及服务网点

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话：1-480-792-7200 传真：1-480-792-7277 技术支持： http://www.microchip.com/support 网址： www.microchip.com **亚特兰大** 德卢斯，乔治亚州 电话：1-678-957-9614 传真：1-678-957-1455 **奥斯汀，德克萨斯州** 电话：1-512-257-3370 **波士顿** 韦斯特伯鲁，马萨诸塞州 电话：1-774-760-0087 传真：1-774-760-0088 **芝加哥** 艾塔斯卡，伊利诺伊州 电话：1-630-285-0071 传真：1-630-285-0075 **达拉斯** 艾迪生，德克萨斯州 电话：1-972-818-7423 传真：1-972-818-2924 **底特律** 诺维，密歇根州 电话：1-248-848-4000 **休斯敦，德克萨斯州** 电话：1-281-894-5983 **印第安纳波利斯** 诺布尔斯维尔，印第安纳州 电话：1-317-773-8323 传真：1-317-773-5453 电话：1-317-536-2380 **洛杉矶** 米申维耶霍，加利福尼亚州 电话：1-949-462-9523 传真：1-949-462-9608 电话：1-951-273-7800 **罗利，北卡罗来纳州** 电话：1-919-844-7510 **纽约，纽约州** 电话：1-631-435-6000 **圣何塞，加利福尼亚州** 电话：1-408-735-9110 电话：1-408-436-4270 **加拿大 - 多伦多** 电话：1-905-695-1980 传真：1-905-695-2078	**中国 - 北京** 电话：86-10-8569-7000 **中国 - 成都** 电话：86-28-8665-5511 **中国 - 重庆** 电话：86-23-8980-9588 **中国 - 东莞** 电话：86-769-8702-9880 **中国 - 广州** 电话：86-20-8755-8029 **中国 - 杭州** 电话：86-571-8792-8115 **中国 - 南京** 电话：86-25-8473-2460 **中国 - 青岛** 电话：86-532-8502-7355 **中国 - 上海** 电话：86-21-3326-8000 **中国 - 沈阳** 电话：86-24-2334-2829 **中国 - 深圳** 电话：86-755-8864-2200 **中国 - 苏州** 电话：86-186-6233-1526 **中国 - 武汉** 电话：86-27-5980-5300 **中国 - 西安** 电话：86-29-8833-7252 **中国 - 厦门** 电话：86-592-2388138 **中国 - 香港特别行政区** 电话：852-2943-5100 **中国 - 珠海** 电话：86-756-3210040 **台湾地区 - 高雄** 电话：886-7-213-7830 **台湾地区 - 台北** 电话：886-2-2508-8600 **台湾地区 - 新竹** 电话：886-3-577-8366	**澳大利亚 - 悉尼** 电话：61-2-9868-6733 **印度 - 班加罗尔** 电话：91-80-3090-4444 **印度 - 新德里** 电话：91-11-4160-8631 **印度 - 浦那** 电话：91-20-4121-0141 **日本 - 大阪** 电话：81-6-6152-7160 **日本 - 东京** 电话：81-3-6880- 3770 **韩国 - 大邱** 电话：82-53-744-4301 **韩国 - 首尔** 电话：82-2-554-7200 **马来西亚 - 吉隆坡** 电话：60-3-7651-7906 **马来西亚 - 槟榔屿** 电话：60-4-227-8870 **菲律宾 - 马尼拉** 电话：63-2-634-9065 **新加坡** 电话：65-6334-8870 **泰国 - 曼谷** 电话：66-2-694-1351 **越南 - 胡志明市** 电话：84-28-5448-2100	**奥地利 - 韦尔斯** 电话：43-7242-2244-39 传真：43-7242-2244-393 **丹麦 - 哥本哈根** 电话：45-4450-2828 传真：45-4485-2829 **芬兰 - 埃斯波** 电话：358-9-4520-820 **法国 - 巴黎** 电话：33-1-69-53-63-20 传真：33-1-69-30-90-79 **德国 - 加兴** 电话：49-8931-9700 **德国 - 哈恩** 电话：49-2129-3766400 **德国 - 海尔布隆** 电话：49-7131-67-3636 **德国 - 卡尔斯鲁厄** 电话：49-721-625370 **德国 - 慕尼黑** 电话：49-89-627-144-0 传真：49-89-627-144-44 **德国 - 罗森海姆** 电话：49-8031-354-560 **以色列 - 赖阿南纳** 电话：972-9-744-7705 **意大利 - 米兰** 电话：39-0331-742611 传真：39-0331-466781 **意大利 - 帕多瓦** 电话：39-049-7625286 **荷兰 - 德卢内市** 电话：31-416-690399 传真：31-416-690340 **挪威 - 特隆赫姆** 电话：47-7289-7561 **波兰 - 华沙** 电话：48-22-3325737 **罗马尼亚 - 布加勒斯特** 电话：40-21-407-87-50 **西班牙 - 马德里** 电话：34-91-708-08-90 传真：34-91-708-08-91 **瑞典 - 哥德堡** 电话：46-31-704-60-40 **瑞典 - 斯德哥尔摩** 电话：46-8-5090-4654 **英国 - 沃金厄姆** 电话：44-118-921-5800 传真：44-118-921-5820

© 2018 Microchip Technology Inc.