

MSP430 32kHz 晶体振荡器

Peter Spevak and Peter Forstner

MSP430 Applications

摘要

对于一个稳定的晶体振荡器，选择合适的晶振、正确的负载电路、和适当的电路板布局布线至关重要。这个应用报告总结了晶体振荡器功能并且解释了为 MSP430 超低功耗运行选择正确晶振所用到的参数。此外，还给出了正确电路板布局布线的提示和示例。本文档还包含与可能振荡器测试相关的详细信息以确保大批量生产中的稳定振荡器运行。

内容

1	32 kHz 晶体振荡器	2
2	晶振选择	3
3	印刷电路板 (PCB) 设计注意事项	6
4	测试晶体振荡器	8
5	生产中的晶体振荡器	9

图片列表

1	一个音叉晶振的机械振荡	2
2	一个晶振的等效电路	2
3	一个晶振的电抗	2
4	主皮尔斯振荡器电路	3
5	针对一个 0ppm 晶振的频率与负载电容间的关系	4
6	温度范围内一个音叉晶振的频率偏差	5
7	没有负载电容器和带有负载电容器的布局布线 (XIN 和 XOUT 相邻引脚是标准功能引脚)	7
8	针对 MSP430F41x 和 MSP430F1232IRHB 的带有外部电容器和接地护圈的布局 (XIN 和 XOUT 相邻引脚为 NC 引脚)	7
9	带有增加的电阻器 R_O 的负电阻方法	9

图表列表

1	针对 32kHz 振荡器的典型振荡裕度	5
2	安全因子	9

1 32 kHz 晶体振荡器

1.1 晶振

对于一个超低功耗设计，只有低频晶振可用，这是因为使用高频振荡器时，流耗将会大幅增加。音叉晶振通常在基本频发振模式中的频率范围为 10kHz 至 200kHz 之间并且最大驱动功率为 1μW。这些参数使它们成为 MSP430 微控制器中 32768Hz 超低功耗晶体振荡器的首选。

每个 MSP430 有一个内置晶体振荡器，此振荡器可在 32768Hz（通常成为 32kHz）的音叉晶振上运行。一个 32kHz 音叉晶振的机械振荡（请见图 1）被转换成一个电信号。一个晶振的等效电路（请见图 2）提供了以下这些电气特性：

- C_M 动态电容
- L_M 动态电感
- R_M 振荡期间的机械损失
- C_0 封装和引脚的寄生电容

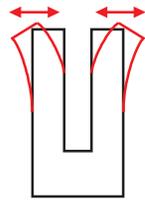


图 1. 一个音叉晶振的机械振荡

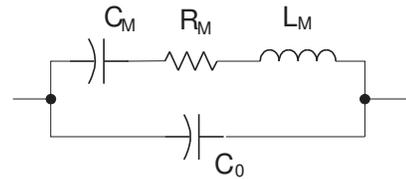


图 2. 一个晶振的等效电路

由 C_M 、 L_M 和 R_M 组成的串联谐振电路代表音叉机械谐振的电气等效电路。一个晶振电抗的频率特性显示在图 3 中并给出了两个特别频率：

- F_S （串联谐振频率）完全取决于 C_M 和 L_M 并提供一个非常稳定的频率值。

$$F_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_M C_M}}$$
- F_A （反谐振或者并行谐振频率），此外，还取决于 C_0 ，封装和引脚的寄生电容，无法与其它参数一样精确， C_M 和 L_M 。因此， F_A 定义的频率不如 F_S 的明确。

$$F_A = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_M C_M}} \sqrt{1 + \frac{C_M}{C_0}}$$

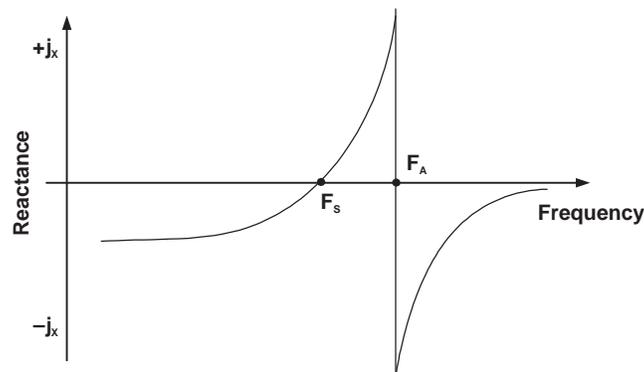


图 3. 一个晶振的电抗

使用公式 1 中的公式（来自图 2 中的等效电路）可计算等效串联电阻 (ESR)。

$$ESR = R_M \left(1 + \frac{C_0}{C_M} \right)^2 \quad (1)$$

C_0 显示在图 2 中并且有晶振数据表指定, R_M 或者 ESR 也是如此。 C_L 是一个晶振所需的负载电容并且也由晶振数据表指定。

1.2 振荡器

图 4 中显示了一个振荡器的主电路。 必须完成两个参数才能启用振荡:

- 振荡器启动时的闭环增益 ≥ 1 并且
稳定振荡时的闭环增益 = 1
- 闭环相移 = $n \times 360^\circ$

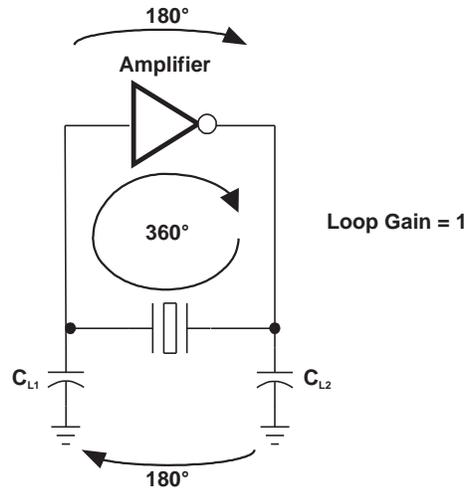


图 4. 主皮尔斯振荡器电路

图 4 显示了皮尔斯振荡器电路, 此电路利用了晶振的串联谐振频率。 反向放大器提供了一个接近 180° 的相移。 由一个 32kHz 晶振和两个负载电容器组成的反馈电路增加了另外的 180° 相移。 这将导致所需的 360° 振荡器闭环相移。 必须使用反向放大器的增益来调整闭环增益。 所有 MSP430 32kHz 晶体振荡器为皮尔斯振荡器。

2 晶振选择

选择晶振时最重要的参数为:

- 晶振所需的有效负载电容值 (对于 32kHz 晶振, 通常为 6pF 至 15pF)
- 晶振的 ESR (对于 32kHz 晶振, 通常为 $30\text{k}\Omega$ 至 $100\text{k}\Omega$)
- 调整频差 (通常为 5ppm 至 30ppm)

所有这些晶振参数由晶振数据表指定, 但也可在使用诸如晶振阻抗桥、矢量电压计、或者一个网络分析仪在真实晶振上测量。 知道这些参数十分重要, 否则就无法设计一个稳定的振荡器。

2.1 有效负载电容

皮尔斯电容器 (请见图 4) 使用两个负载电容器, C_{L1} 和 C_{L2} , 作为针对晶振的负载。 这些电容器与晶振的感应器 (L_M) (请见图 2) 一起生成反馈环路所需的 180° 相移。 从晶振的视图中看, 这些电容器是一个通过 GND 的串行连接。 因此, 如果使用两个等值的电容器, 这些电容器的值必须是所需负载电容值的两倍。 为了按照公式 2 中的公式计算必需的电容器, 还有必要考虑所有寄生电容, 诸如印刷电路板 (PCB) 走线和 MSP430 引脚电容。

$$C_{\text{Load}} = \frac{C'_{L1} \times C'_{L2}}{C'_{L1} + C'_{L2}} \quad (2)$$

其中:

$$C'_{L1} = C_{L1} + C_{L1Parasitic}$$

$$C'_{L2} = C_{L2} + C_{L2Parasitic}$$

当为 C_{L1} 和 C_{L2} 使用等值电容器并且在两个晶振引脚上都使用一个具有等值寄生电容的对称布局的时候, 有效负载电容显示在公式 3 中。

$$C_{Load} = \frac{C_{L1} + C_{L2}}{2} \quad (3)$$

示例:

晶振要求 12pF 的负载。

每个引脚上的寄生电容为 2pF。

$$C_{L1} = (2 \times C_{负载}) - C_{寄生} = (2 \times 12pF) - 2pF = 22 pF$$

$$C_{L2} = C_{L1} = 22pF$$

错误选择负载电容器的一个结果 (测量起来很容器) 就是会导致一个不正确的振荡频率。图 5 中给出了一个显示频率与负载电容间关系的典型曲线。

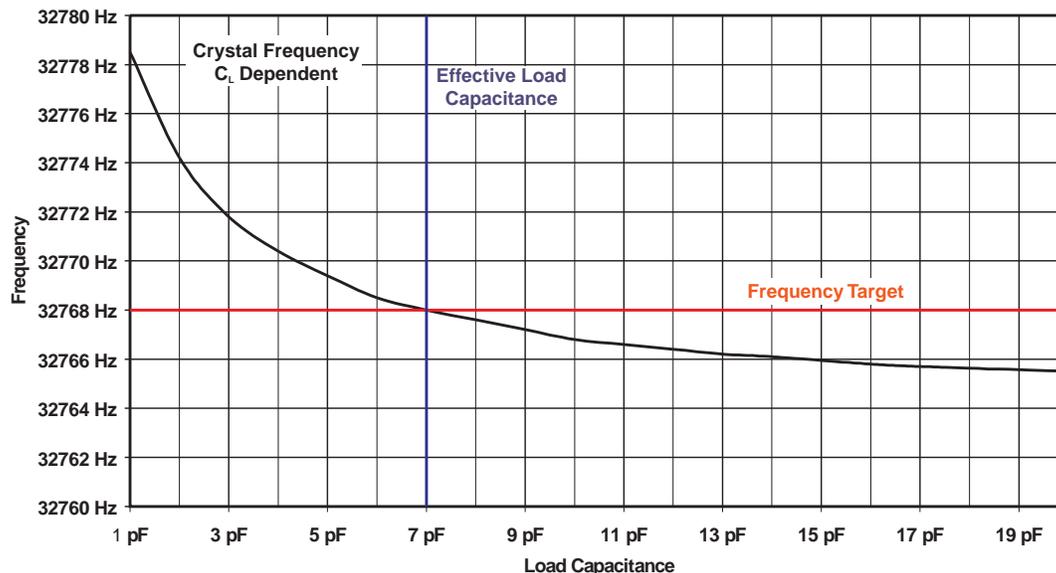


图 5. 针对一个 0ppm 晶振的频率与负载电容间的关系

所有 MSP430 32kHz 振荡器有内置的负载电容器, C_{L1} 和 C_{L2} 。在一些 MSP430 版本中, 这些负载电容器是固定的; 在另外一些 MSP430 版本中, 内部负载电容器的值可被设定或者可使用外部电容器。详细信息, 请见数据表和 MSP430 系列用户指南。不同的 MSP430 系列产品有以下的负载电容器配置:

- MSP430x1xx: 6pF (每个引脚 12pF 的固定有效电容), 不建议使用外部电容器。
- MSP430F2xx: 0pF 至 12.5pF (可编程有效电容), 可使用外部电容器。
- MSP430F4xx: 0pF 至 10pF (可编程有效电容), 可使用外部电容器。

2.2 ESR 值

ESR 值是一个机械晶振振荡损耗的电气表示。一个较大的晶振在振荡期间损耗较小, 这将导致一个较低的 ESR 值。小型晶振, 特别是表面贴装器件 (SMD) 晶振, 往往有较高的 ESR。一个较高的 ESR 值反映出一个晶振的较高损耗。

如果 ESR 太高, 振荡器就会变得不稳定并停止振荡。因此, 每一个振荡器有 ESR 值的最大限值。ESR 值比建议的最大值越低, 那么振荡器启动和稳定性就越好。

针对振荡器稳定性的常见测试时负电阻方法（请见4.2节）。对于这个测试，必须使用一个外部电阻器增加ESR。这个被增加的ESR的最大值被称为振荡裕度(OA)。凭借这个OA值，有可能对振荡器安全因数(SF)裕度做出判断。进行负电阻测试是一个好的做法，这样可避免大批量应用中的振荡器问题。

表1列出了针对不同MSP430系列32kHz振荡器的典型OA值。

注：如果在一个MSP430数据表中指定了针对低频(LF)晶振(OALF)值的振荡裕度，则不采用这个表，只有数据表值是有效的。

表 1. 针对 32kHz 振荡器的典型振荡裕度

	MSP430x1xx	MSP430x2xx		MSP430x4xx	
	C _L =6pF	C _L =6pF	C _L =12.5pF	C _L =6pF	C _L =12.5pF
V _{CC} =3V	185kΩ	500kΩ	200kΩ	460kΩ	180kΩ
V _{CC} =2.2V	88kΩ	500kΩ	200kΩ	440kΩ	170kΩ

对于与MSP430振荡器一起运行的32kHz晶振，请参考晶振制造商建议。

2.3 调整频差

数据表中指定的ppm调整频差值表示产生的振荡器频率的可能频率偏差，假定所有其它受频率影响的参数，诸如有效电容负载、温度等，在推荐值上。

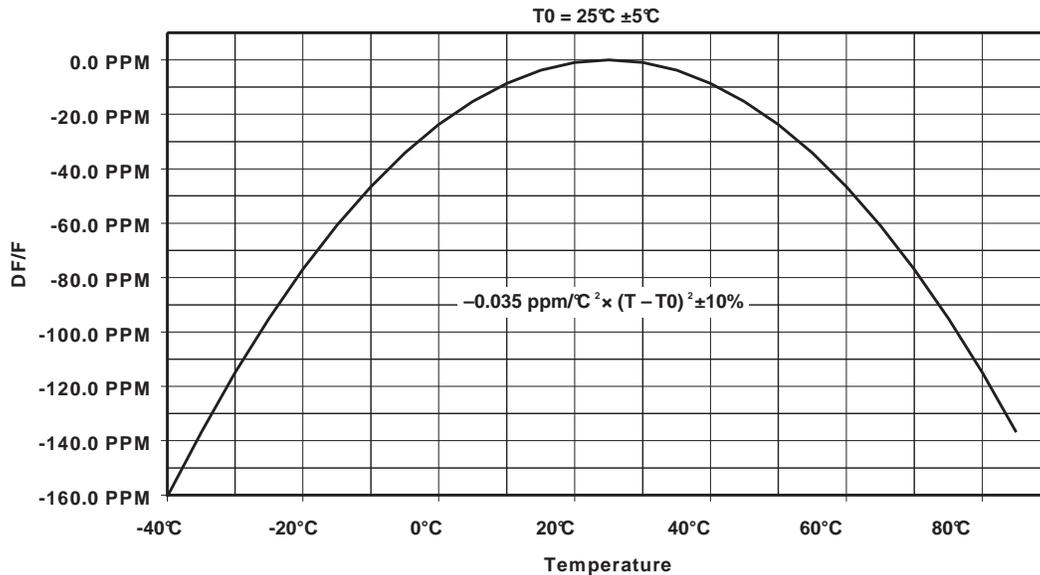


图 6. 温度范围内一个音叉晶振的频率偏差

应该考虑到，由温度引起的频率偏差在很大程度上取决于晶振切割方式和晶振外形。与一些其它晶振切割方式相比，32kHz音叉晶振在温度范围内表现出一个相对高的频率漂移。图6显示了一个0ppm音叉晶振在温度范围内的典型频率偏差。在晶振数据表中指定的±ppm调整频差值使音叉晶振图上下移动。

当32kHz晶体振荡器频率在一个宽温度范围内被用于精密测量的情况下，通过按照图6中的曲线来相应地修正测得的值，软件能够提升测量结果。在这种情况下，应该从晶振制造商获得针对已使用晶振的真实曲线。

在4.1节中，对振荡器频率的测试和调整振荡器频率的方法进行了解释说明。

2.4 启动时间

在最初加电时，电路中唯一的信号就是噪声。频率满足振荡相位条件的噪声分量在振幅逐渐增加的情况下在环路中传播。振幅持续增加，直到放大器增益被有源元件的非线性（“内稳幅皮尔斯电路”MSP430x1xx）或者被一些自动电平控制（带有自动增益控制 (AGC) 的“受控皮尔斯电路”，MSP430x2xx 和 MSP430x4xx）所减少。

对于像 32768Hz 晶振的低频音叉晶振，介于几百毫秒到几秒钟之间的启动时间均为正常值。一个晶体振荡器的启动时间取决于不同的因素：

- 振荡器频率会影响启动时间。与一个高频晶体振荡器相比，例如，高于 1MHz，一个 32kHz 晶体振荡器启动相对较慢。
- 高 Q 因数晶体振荡器的启动通常慢于具有高调整频差的晶体振荡器。
- 带有低负载电容的晶振的启动通常快于要求高负载电容的晶振。
- 带有低 ESR 的晶振比高 ESR 晶振启动更快。
- 具有高 OA（振荡裕度）的振荡器的启动快于低 OA 晶体振荡器。

3 印刷电路板 (PCB) 设计注意事项

MSP430 LFXT1 32kHz 晶体振荡器设计用于超低功耗。根据数据表，当 32kHz 振荡器、时钟信号 (ACLK)、和一个定时器正在运行时，大多数 MSP430 偏差流耗少于 1 μ A。因此，MSP430 引脚、晶振、和外部电容器（如果被使用的话）间的电流流动极低。长距离的信号新路使得振荡器对于 EMC，ESD，和串扰十分敏感。即使是最佳的组件也无法解决由糟糕的布局布线所导致的问题。

晶体振荡器是一个模拟电路并且必须按照模拟板布局布线规则进行设计：

- MSP430 引脚、晶振、和外部电容器（如果使用的话）间信号走线应该可能的短。这样将大大减少寄生电容并降低对串扰和电磁干扰 (EMI) 的敏感度。当标出负载电容器尺寸时，必须将信号走线的电容值考虑在内。
- 将其它数字信号线路，特别是时钟线路和频繁开关信号线路，尽可能的远离晶振连接。来自数字线路的串扰有可能会干扰小振幅正弦形振荡器信号。
- 通过将这些串扰引至尽可能远的地方能够减少 XIN 和 XOUT 信号间的寄生电容。
- 主振荡环路电流正在晶振和负载电容器间流动。这个信号路径（晶振至 C_{L1} 至 C_{L2} 至晶振）应该保持尽可能的短并且应采用对称设计。因此，两个电容器的接地连接都应该一直尽可能的接近。永远不要将电容器间的接地连接围在晶振的周围，这是因为这么长的接地走线对串扰和电磁干扰 (EMI) 十分敏感。
- 用接地走线（护圈）保护晶振走线。这个接地护圈必须为独立接地。这意味着应该没有电流经护圈流进流出其它器件。这个护圈应该使用一个短走线被连接至 MSP430 的 AV_{SS}。永远不要将接地护圈连接至任何其它电路板的接地信号上。也避免了执行接地环路。

- 在 2 层电路板中，不要在晶振区域下 PCB 的另外一面布置任何数字线路。在任何情况下，用独立接地填充 PCB 的另外一面并且将这个接地连接至 MSP430 的 AV_{SS} 是较好的设计原则。
- 将晶振外壳接地。
在焊接晶振外壳前，请与晶振制造商联系以确保不会损坏晶振。使晶振外壳过热会导致晶振损坏。
- 在 LF 模式中时，当 V_{CC}<2.5 时，在 XOUT 和 V_{SS} 之间，VMSP430 的 LFXT1 振荡器需要一个 ≥ 5.1MΩ 电阻器。这个电阻器被用于增加 MSP430 放大器在低 V_{CC} 时的驱动功率。细节请见数据表。

使用 MSP430 内置电容器能够简化布局，只需将晶振连接至 MSP430 的 XIN 和 XOUT 引脚。MSP430 和晶振之间的走线应该尽可能的短，并且一个接地区域应该被放置在晶体振荡器范围之内。当使用外部电容器而非内部电容器时，晶振和电容器之间的走线以及两个电容器之间的走线应该尽可能的短。图 7 中显示了推荐布局布线示例。一个附加的接地护圈能够提升性能。

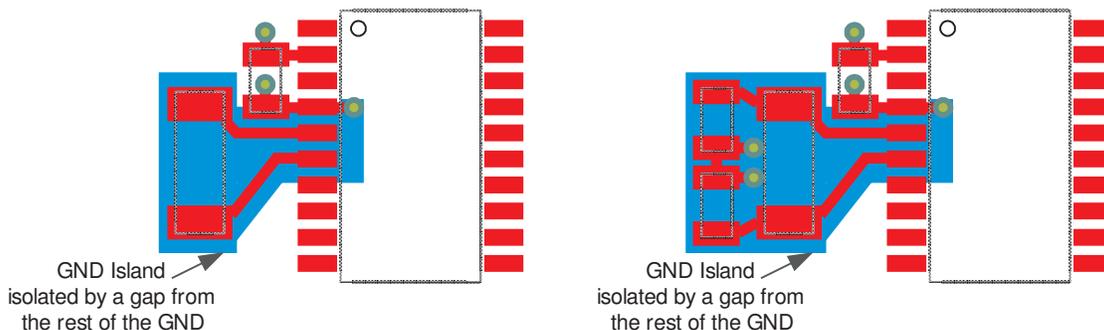
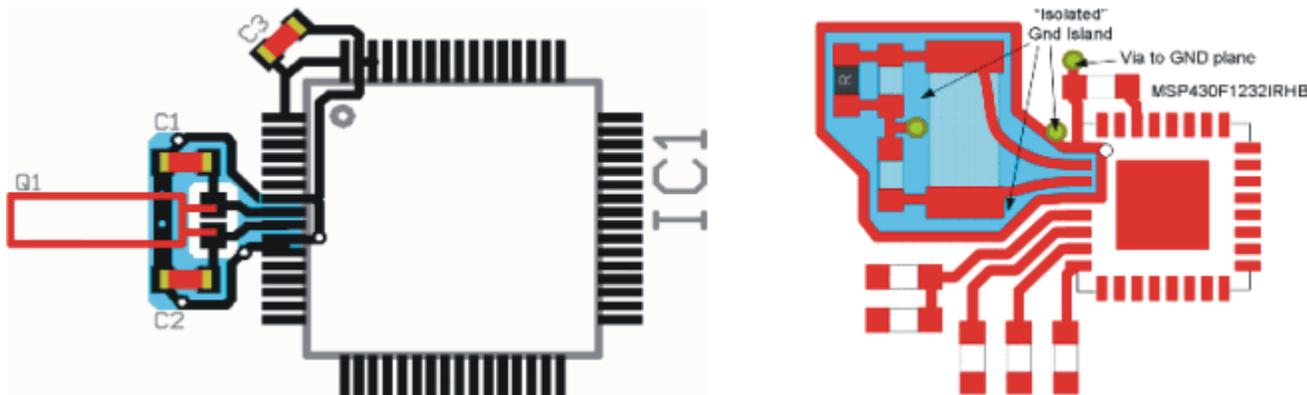


图 7. 没有负载电容器和带有负载电容器的布局布线 (XIN 和 XOUT 相邻引脚是标准功能引脚)

一些 MSP430 器件具有与 XIN 和 XOUT 晶振连接引脚相邻的 NC (未连接) 引脚。在那种情况下，建议利用此类引脚并在晶振信号周围增加一个接地护圈。这个接地护圈应该有一个到 MSP430 V_{SS} 引脚的短距离连接。这个情况下的布局布线示例显示在图 8 中。在所有这些示例中，晶振和负载电容器之间的部分为对称分布。



NOTE: 右侧的布局包括一个 XOUT 和 V_{SS} 之间的电阻器。当 V_{CC}<2.5 时，VLF 模式 MSP430x1xx (请见数据表) 的 LFXT1 振荡器在 XOUT 与 V_{SS} 之间需要一个 ≥ 5.1MΩ 的电阻器，用更低的电源电压来补偿减少的驱动功率。

图 8. 针对 MSP430F41x 和 MSP430F1232IRHB 的带有外部电容器和接地护圈的布局 (XIN 和 XOUT 相邻引脚为 NC 引脚)

4 测试晶体振荡器

下面的要求有助于验证晶体振荡器的功能：

- 振荡器频率与负载电容间的关系
- 负电阻方法（振荡裕度测试）
 - 开始裕度
 - 停止裕度

4.1 振荡器频率与负载电容间的关系

如图 5 中所示，晶体振荡器频率在很大程度上取决于连接的负载电容。因此，对振荡器频率的测量能够很好的表明使用的负载电容器是否与晶振要求相匹配。这个测量也自动包括应用的寄生 PCB 和引脚电容。图 5 中的图形显示了典型 32kHz 晶振特性。此晶振的特性（可调性曲线）应该由晶振制造商提供。

强烈建议不要在晶振引脚上直接测量振荡器频率。晶振引脚上的电容在 10pF 之内，并且这个信号线路上的阻抗为几兆欧。一个典型无源探头的电容值在 10pF 之内，输入阻抗大约为 10MΩ。两个值都在振荡器特性范围之内并且会大大影响晶体振荡器的运行方式。MSP430 内部数字 ACLK 时钟信号一直携带 32kHz 晶体振荡器的时钟信号。所有 MSP430 器件能够在其中一个 I/O 引脚上输出 ACLK。在这个输入 ACLK 输出上进行测量无论如何也不会影响晶体振荡器。ACLK 仍然提供所有必要的信息来确定设置的稳定性和性能。

一个分辨率和精度至少为 0.1ppm（在目标频率范围之内）的频率计数器应该被用于测量 32768Hz 时钟信号。例如，如果晶振的调整频差被指定为 ±30ppm，室温下，32768Hz 时钟频率的准确度应为 ±0.9Hz。对于 ±5ppm 晶振，当连接正确的电容负载时，频率精度应在 ±0.16Hz 之内。

假定晶振本身没有调整频差，太低的电容负载会导致一个高于预期的振荡器频率并且，反之亦然，即如果负载太高的话，频率会低于标称值。因此，如果振荡频率过高，负载电容器的值必须增加。当测得的频率太低时，有必要减少负载电容器的值。将最终优化后的电容器与针对负载电容的晶振数据表中的值相比较会给出由 PCB 布局布线和引脚增加的寄生电容值。

4.2 负电阻方法

负电阻方法也被成为振荡裕度测试或者安全裕量测试。借助于这个测试，可测得 ESR 安全因子。正如在之前的段落中已说明的那样，一个晶振的等效电路中的 ESR 值（请见图 2）代表损耗。这些损耗必须由 MSP430 中的放大器进行补偿。如果损耗超过放大器的驱动能力，振荡振幅开始减少，直到最终消失，或者振荡器根本就未启动。一个晶振的 ESR 值随温度的上升而增加。因此，振荡器可在室温下正常工作，但是有可能在较高温度时发生故障。还有，由于较低的寄生电阻值，较高的湿度会增加振荡器中损失。为了避免在所有可能的环境情况下耗时的振荡器测试，已经建立了负电阻测试。它给出了一个 SF（安全因子）值，这个值使得设计人员能够相对轻易地评估一个特定振荡器设置的安全裕量。

对于负电阻测试，增加了一个与晶振串联的额外电阻器，如图 9 所示。这个额外的串联测试电阻， R_Q ，在振荡器未启动或者一个正在运行的振荡器停止前一直增加。在振荡器重新开始工作之前降低电阻值是一个好的做法，这样可确定关键值。使用一个适合于射频 (RF) 的 SMD 电位器可完成这个操作，这样可增加尽可能少的寄生值。由于这个电位器的所有参数和寄生值会影响振荡器电路的最终参数， R_{Qmax} 的最终值应该由一个 SMD 电阻器进行验证。

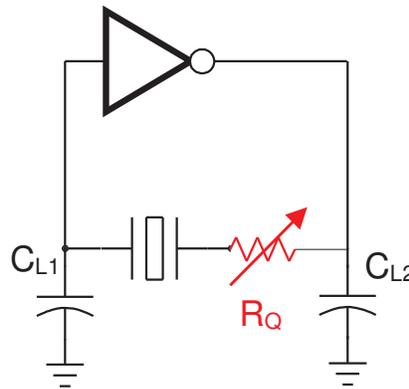


图 9. 带有增加的电阻器 R_Q 的负电阻方法

这个测试可在振荡器启动（启动裕度）期间完成并且可被重复用于一个正在运行的振荡器来确定何时振荡消失（停止裕度）。

- 启动裕度：电阻器 R_Q 与晶振串联。然后接通电源，并且检查振荡器是否启动。对于每个新的电阻器的值，MSP430 必须断电，然后重新加电。仍然可保证振荡器启动的最大电阻器的值为启动裕度。
- 停止裕度：一旦振荡器运行， R_Q 电位器在振荡器停止前增加。在振荡重新开始之前，电位器可被再次减少。可保证振荡器依旧运行而不会停止的最大电阻器的值为停止裕度。

一旦测得 R_Q 的关键值，应该计算 OA 和 SF 的值来判断振荡器的稳定性，如公式 4 和公式 5 所示。

振荡裕度 (OA)

$$OA = R_{Qmax} + ESR \tag{4}$$

安全因子 (SF)

$$SF = \frac{OA}{ESR} = \frac{R_{Qmax} + ESR}{ESR} \tag{5}$$

表 2 给出了 SF 的条件，此标准是基于大多数晶振制造商的经验而得出的。如果研究的结果是一个合格的 SF，那么可做出假设，即应该包括外部振荡器的所有合理调整频差和参数变化。

表 2. 安全因子

安全因子 (SF) 的限定条件	限定条件
SF < 2	不安全
2 ≤ SF < 3	适用
3 ≤ SF < 5	安全
SF ≥ 5	非常安全

5 生产中的晶体振荡器

总的来说，需要考虑到 32kHz 晶体振荡器是一款功耗极低的超低功率振荡器，在远远低于 1μA 的范围内。因此，保持一个 PCB 的特定品质和安全距离对于振荡器的性能很关键。还有，应相应地选择焊接材料。下面的段落提供了这些应被考虑在内的关键点上的的一些基本提示。

5.1 PCB 材料、品质、和安全距离

除了其它已经在之前段落中进行说明并且包括在电路原理、组件优化、和布局布线中的因素，还有其它一组因素会大大影响振荡器设置的性能。这些因素就是电路板组装工艺和组装质量。在之前的段落中，已经提到了 MSP430 振荡器的超低功耗特性。由于针对最低可能电流进行了优化，由寄生电流引起的损耗会对总体振荡器性能产生极大的影响。取决于焊剂的焊接工艺会在 PCB 表面上留下或多或少的关键残余物。特别是在较长使用寿命并且在恶劣条件下的应用，诸如高湿度和快速温度循环等有可能导致电路板上湿度冷凝的环境中，工艺残留物就变得很关键。工艺残留物会导致敏感振荡器信号线路互相之间和 PCB 上相邻信号间的隔离性能降低。高湿度会导致 PCB 表面上的湿气冷凝并且，与工艺残留物一起会减少电路板的表面的电阻系数。因此，强烈建议仔细选择焊接工艺使用的焊剂并且使用洁净的 PCB 材料用于组装过程，并且如果需要的话，之后进行清洗，特别是当上述的因素出现时。

5.2 焊接和接触阻抗

焊接时，基本上有两个不同的焊剂类型。有一种为水溶性焊剂，在焊接过程之后必须通过适当的清洁工艺来将焊剂清除，此外，市场上还有“无需清除”焊剂。对于特定的清洁过程，请参考针对特定焊膏和焊剂的焊膏制造商建议。即便在超低功率应用中使用“无需清除”产品，也建议进行 PCB 清洁操作，这样通过从电路板上去除组装之后的焊剂残留物可实现最大性能。电路板上的焊剂残留物会导致泄漏电流路径，在潮湿的环境中更是如此。

总的来讲，减少振荡器电路的损耗能够获得更佳的安全裕量并因此增加了性能和稳定性。为了将振荡器电路中的损耗保持在尽可能低的水平上，尽可能的降低接触阻抗也很关键。

MSP430 封装符合 JEDEC 标准 020 以耐受特定湿敏等级 (MSL) 上所允许的额定最大峰值回流温度。这是所允许的最大回流温度曲线。焊膏厂商通常提供一个 JEDEC 标准 020 最大范围之内的建议回流温度曲线。因此，为了获得高可靠性和高品质焊点，请严格遵守 JEDEC 对于器件焊接参数的建议以及焊接材料厂商的建议。

如果 MSP430 封装在液体清洁过程中暴露在任何回流温度之下，应该对贴装有 MSP430 封装的电路板进行焯板操作，这样可以在随后的回流焊接工艺之前烘干部件。在这个情况下，在通过一个额外的回流焊接步骤进行处理或者执行一个返工焊接之前，必须按照 JEDEC 标准 020 对器件进行焯板操作（在 125°C 下焯板 24 小时）。

5.3 环境影响、温度、和湿度

一个非常重要的方面就是较高的环境温度会使 ESR 增加。ESR 的增加意味着额外的损耗，因此，一个振荡器设置的安全裕量随着较高环境温度而减少。只要安全因子测试显示了好的结果，如表 2 中分类的那样，那么晶振被用在标准工业温度范围内，应用应该安全运行。

另一方面，温度循环，特别是快速温度循环，与高环境湿度联合作用，会使 PCB 上产生冷凝水。这些在长时间使用并且在非密封机架中使用的应用中很常见焊接残留物、灰尘、和其它电路板污染，有可能会降低振荡器信号相互之间以及与 PCB 上相邻信号间的隔离性能。因此，一个好的做法就是引入一个晶振、连接的外部器件、和 MSP430 振荡器引脚的保护层，从而长时间的保持在现场运行的振荡器参数和性能。如果不按照建议进行操作，振荡器性能会持续下降并且达到无法忽略的程度。

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时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, 并有权随时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 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。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。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品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 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含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, 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。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 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在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	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/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/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 机动性处理器	www.ti.com/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 © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司