

# 基于开关转换器的高速 ADC 供电解决方案

刘先锋 Seasat Liu 秦小虎 Xiaohu Qin

North China OEM Team

## 摘要

随着系统对效率的要求越来越高，如何将高速模数转换器（ADC）的供电架构由低效率的低压差线性稳压器（LDO）转换到高效率的开关转换器（DC/DC）是许多工程师面临的技术难题。本文从介绍高速 ADC 应用出发，讨论了高速 ADC 对电源噪声的抑制能力，详细对比了使用 LDO 和 DC/DC 转换器为高速 ADC 供电的优缺点，提出了用 DC/DC 转换器为 ADC 供电的解决方案，最后通过一系列对比实验，验证 DC/DC 转换器供电解决方案的可行性和有效性。

## 目录

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | 简介.....                                  | 2  |
| 2  | ADC 的模拟电源和数字电源.....                      | 2  |
| 3  | ADC 的电源抑制比（PSRR）.....                    | 2  |
| 4  | DC/DC 与 LDO 的讨论.....                     | 3  |
| 5  | DC/DC 转换器和 LDO 的电源测试结果与分析.....           | 5  |
| 6  | 用 DC/DC 转换器和 LDO 为高速 ADC 供电的试验结果与分析..... | 6  |
| 7  | DC/DC 转换器布板注意事项.....                     | 9  |
| 8  | DC-DC 输出滤波器设计考虑.....                     | 9  |
| 9  | 结论.....                                  | 12 |
| 10 | 参考文献.....                                | 12 |

## 图表

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 图 1.  | ADS58C20 PSRR VS Frequency .....   | 3  |
| 图 2.  | 用 LDO 供电的两种方法.....                 | 4  |
| 图 3.  | ADS58C20EVM 的电源结构 .....            | 5  |
| 图 4.  | ADS58C20EVM 板上 TPS62590 输出结果 ..... | 6  |
| 表 1   | 不同供电模式下 ADS58C20 性能测试结果.....       | 7  |
| 图 5.  | 不同供电模式下 ADS58C20 SNR 测试结果 .....    | 7  |
| 图 6.  | 不同供电模式下 ADS58C20 SFDR 测试结果 .....   | 7  |
| 图 7.  | 不同供电模式下 ADS58C20 输出信号 FFT 图.....   | 8  |
| 表 2   | 不同供电模式下 ADS58C20EVM 的电流测试结果.....   | 8  |
| 图 8.  | 磁珠的等效电路和阻抗组成图 .....                | 10 |
| 图 9.  | 伍尔特磁珠的实际曲线.....                    | 10 |
| 图 10. | 电容的插损图 .....                       | 11 |
| 图 11. | 穿心电容原理框图.....                      | 11 |
| 图 12. | 村田穿心电容的实际插损图.....                  | 12 |

## 1 简介

当今越来越多的应用要求使用高精度高速的数模转换器（以下简称 ADC），为了使 ADC 发挥最佳的性能，必须为其提供满足要求的直流电源。一般而言，系统设计人员愿意使用低压差线性稳压器（以下简称 LDO）来为 ADC 供电，而不使用开关转换器（以下简称 DC/DC）。这是因为 LDO 一般具有较低的纹波和噪声，他们担心 DC/DC 转换器的开关噪声、纹波以及电磁辐射等会导致 ADC 的信噪比（SNR）下降或者在 ADC 的输出端出现不希望的杂散。但是随着新一代的 DC/DC 转换器的出现，加之后置滤波以及精心的设计和布局布线，使得 DC/DC 转换器可以成为为高速 ADC 供电的高效率解决方案。

## 2 ADC 的模拟电源和数字电源

目前，大多数高速 ADC 至少都有两个电源域：模拟电源域（AVDD）和数字与输出驱动电源域（DVDD）。部分高速 ADC 还有一些附加的电源域，比如时钟电源域，通常也当做模拟电源域处理。高速 ADC 的模拟电源和数字电源芯片内部是分离的，以防芯片数字部分，尤其是输出驱动部分产生的开关噪声通过芯片内部或者外部返回到芯片的模拟输入端或时钟输入端，干扰芯片模拟端的模拟采样和处理，使 ADC 的噪声和杂散指标受到影响而使指标恶化。因此一般都建议使用独立的两组电源对芯片的模拟电源和数字电源进行供电。而且这两组电源之间应有足够的隔离，以防止数字电源的数字开关噪声影响高速 ADC 的模拟电源。但如果在这两个电源之间实现了充分的滤波和隔离，则采用一个调节器通常也能获得足够好的性能。

## 3 ADC 的电源抑制比（PSRR）

因为电源对高速 ADC 的影响至关重要，因此设计高速 ADC 时必须了解 ADC 对供电电源噪声影响的灵敏度，以及如何决定供电电源的最大噪声才能使 ADC 实现预期性能。

确定高速 ADC 对电源噪声抑制能力的一个方法是 将一个已知幅度和频率的信号分别耦合到 ADC 的不同电源域上，测量 ADC 输出中对应频率的信号的输出功率，从而考察其电源抑制能力。输入信号与输出频谱中出现的相对应信号的相对功率即为 ADC 在给定频率下的电源抑制比(PSRR)。这个指标可以用最低有效位（LSB），百分比或者 dB 来表示。下图显示了典型高速 ADC（ADS58C20）的 PSRR 与频率的关系。从图中可以看出，高速 ADC 对不同的电源域的噪声有不同的抑制能力。

利用 PSRR 图，设计人员可以确定出在保证 ADC 性能时所允许的电源的最大纹波幅度。例如，如果一个电源芯片在 1000kHz 时具有 5mVp-p 的纹波，则从下面的 PSRR 图可知，转换器在此频率提供大约 40dB 的抑制。ADS58C20 转换器的满量程为 1.9Vp-p，因此原始 5mV 信号比输入满量程低 52dB，此信号将进一步衰减 40dB，从而比转换器的满量程功率低 92dB。这样，设计人员就能根据 ADC 的 PSRR 数据来确定在给定频率下 ADC 供电电源的容许纹波。如果 ADC 的电源在已知频率的纹波（例如来自上游开关转换器），则可以利用该方法来确定将此噪声衰减所需的额外滤波。

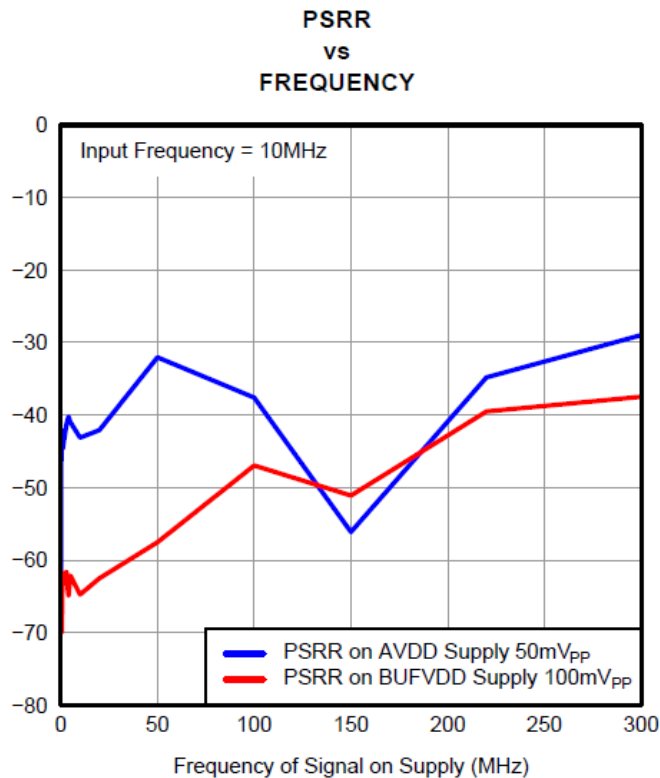


图 1. ADS58C20 PSRR VS Frequency

## 4 DC/DC 与 LDO 的讨论

传统上，系统设计人员一般使用 LDO 为转换器的模拟和数字电源域提供干净的电源，如图 2 所示。LDO 能够抑制系统电源中的低频噪声，但更高频率的噪声会几乎毫无衰减地通过 LDO。因此对于高频的噪声，必须在 LDO 之后外加额外滤波对其进行衰减，防止此噪声进入 ADC。通常使用铁氧体磁珠、去耦电容和局部电源去耦相结合的方法来抑制高频噪声。这种方法虽然简单有效，但是却限制了效率，特别是从高出其输出电压达几伏的电源域进行降压的系统中，如从 3.3V 电源域得到 1.8V ADC 电源时，高达 1.5V 的压降会带来很高的功率损耗。

为了提高效率，一般情况下 LDO 的前级通常会有一个 DC/DC 转换器。这导致电源设计的成本和复杂度随之增加，现代 DC/DC 转换器的开关频率越来越高，很可能高于典型 LDO 的环路带宽。来自这些高频开关转换器的噪声很容易通过 LDO，必须利用下游滤波器对其进行衰减。因此设计人员必须确保 LDO 以及后续的滤波器电路能够抑制此开关转换器的频率。

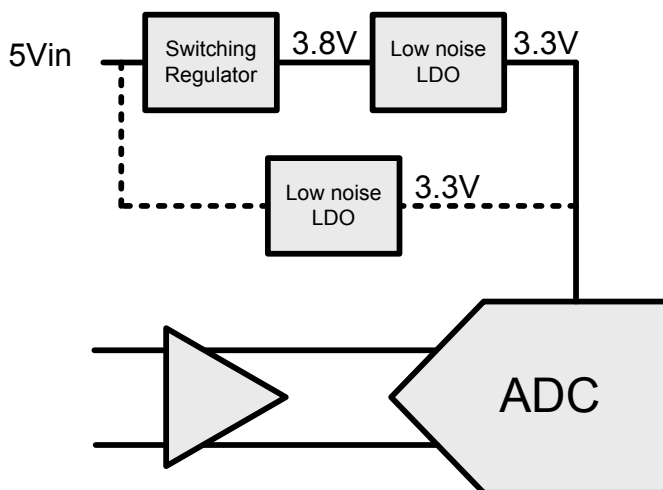


图 2. 用 LDO 供电的两种方法

与 LDO 相比，DC/DC 的效率虽然高，但是因为 DC/DC 转换器本身固有的缺点，常规上不宜用于直接为 ADC 供电。

DC/DC 转换器主要有两类噪声：开关纹波和高频噪声。第一种是电感中的纹波电流在输出电容的 ESR（等效寄生阻抗）上产生的纹波电压，它的大小取决于输出电感的电感量和输出电容的 ESR 值；第二种就是直流变换器中的开关管在导通和关断瞬间产生的振铃，这种高频谐波是基于开关频率数倍的高频噪音，也就是  $di/dt$  和  $dv/dt$  引发的噪音，过高的开关频率会产生更加丰富的高频谐波，从某种角度上来说高频的谐波会有利于后级的滤波器设计，因为高频噪音是可以使用低 ESR 值的陶瓷电容滤除而有效地减少后级滤波器尺寸；对于大多数高频噪音，能量的分布不是在全带宽的范围内都拥有很高的数值，它只会在某一个带宽范围内拥有较高的能量，通常在 30MHz 范围内，这也就是说为什么在测量开关电源噪音时，通常将示波器设为不超过 30MHz 带宽限制，因为更高频率的高频谐波对于周边电路的影响会非常小。此外 DC/DC 转换器的功率开关连续不断的开关操作也会带来的电磁辐射。由于寄生参数的影响，这些噪声也会出现在除了开关频率及其整数倍以外频点的其他地方。

对这些噪声源均必须进行充分滤波，以免其干扰转换器的工作，降低转换器的性能。将 DC/DC 转换器的开关噪声同 ADC 电源域隔离的一个关键的组件便是电源滤波器，它由铁氧体磁珠、去耦电容和局部电源去耦相结合组成。以降压变换器来说，如果我们在变换器的输出端额外加入一级 LC 滤波单元以用来滤除高频噪音，似乎这是一个很有效的办法，但是有的时候外加的 LC 滤波器会干扰直流降压变换器工作，使得它的稳定性下降，这是因为外加的 LC 滤波器会产生额外的极点，这样就抵消直流变换器的内部环路补偿回路原有的相位裕量从而引发稳定性问题，所以有效的安全的设计应该尽量使用电容方式或者磁珠方式滤除高频噪音，但是使用过低 ESR 值的电容依然会产生稳定问题，因为低的 ESR 值（比如大容量的陶瓷电容）会使得直流变换器的零点频率  $(1/(2\pi * ESR * C))$  过高，而使得相位裕量和增益裕量不够引发稳定性问题，所以我们可以利用三端电容或者称为穿心电容来达到良好的滤波效果，同时又不会引发稳定性问题。

## 5 DC/DC 转换器和 LDO 的电源测试结果与分析

开关调节器技术已今非昔比，当与后置滤波、精心的设计和布局布线做法相结合，开关调节器可以用作许多高速模数转换器的高效率电源解决方案。总体的任务是使目标频率内的总噪声要低于噪声底，防止它影响 ADC 性能。一般情况下 DC/DC 转换器的噪声会大于 ADC 的噪声底，但是由于 ADC 的电源抑制能力，噪声会被大幅度的抑制，因此开关噪声不会过度的影响 ADC 的性能。

我们对 ADS58C20 的评估版 (ADS58C20EVM) 进行了研究，为了方便大家的使用，该评估板上提供了 2 种电源供大家选择。一种是基于低噪声 LDO 的 TPS79601，另一种是基于 TI 最新的 DC/DC 转换器的 TPS62590。如下图所示。

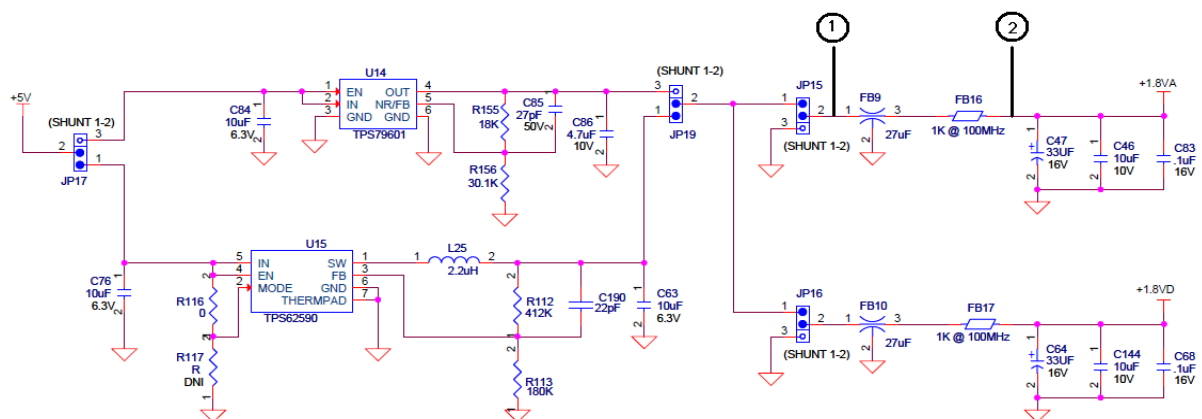
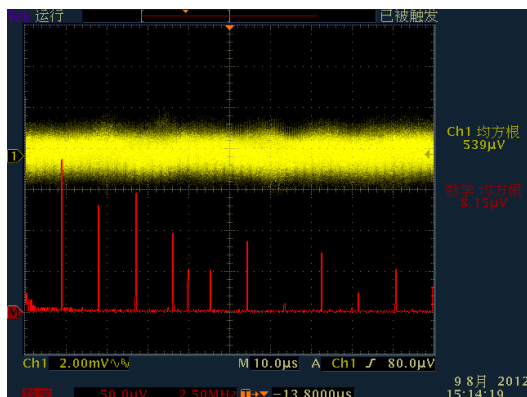


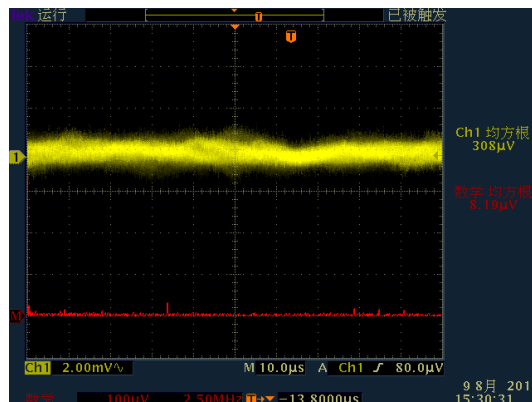
图 3. ADS58C20EVM 的电源结构

DC/DC 转换器 TPS62590 是一个内部集成开关管、具有 1A 电流输出能力的同步整流降压型直流变换器，它的开关频率可以高达 2.25MHz，可以使用 1uH~2.2uH 的电感，这样就可以保证整个变换器的 PCB 布局紧凑，降低噪声对外部环境的干扰，2.25MHz 的开关频率可以允许设计者使用小容量的三端电容匹配磁珠滤除，这样外部的滤波器尺寸更加小巧，满足实际使用要求。

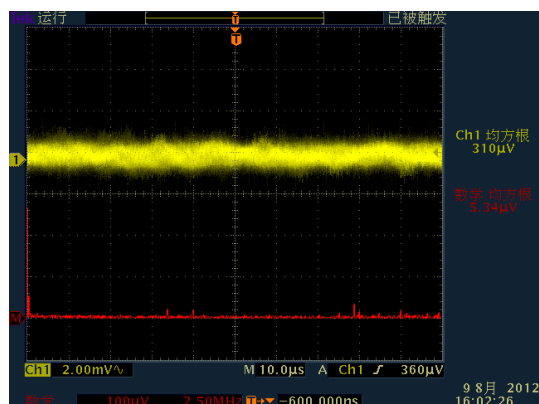
电源滤波器的其它一些组件还包括去耦电容。正确选择容值，以形成低阻接地通路的共振频率接近于开关频率。这样，通过铁氧体磁珠的开关噪声便可短路接地。



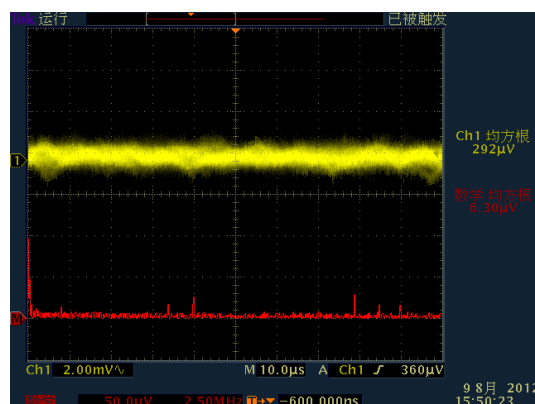
TPS62590\_C63 电容正极上的测试波形，取 RMS 值 539uV



TPS62590\_FB9\_FB16 输出端波形，取 RMS 值 308uV



TPS79618\_C86 电容正极测试波形，取 RMS 值 310uV



TPS79618\_FB9\_FB16 输出端测试波形，取 RMS 值 292uV

图 4. ADS58C20EVM 板上 TPS62590 输出结果

从上图中可以发现，DC-DC TPS62590 的输出端经过 FB9 和 FB16 之后，输出电压中的纹波噪声有效值（308uV）已经和 LDO TPS79618 输出端同样经过 FB9 和 FB16 之后的值（292uV）基本一致，因此具有基本一致的噪音密度，所以无论是 DC-DC 还是 LDO 给 ADC 供电，只要经过合适的噪音抑制手段都会获得理想、干净输出电压给 ADC。

## 6 用 DC/DC 转换器和 LDO 为高速 ADC 供电的试验结果与分析

TPS62590 在 20MHz 带宽内可能具有 308  $\mu\text{V rms}$  噪声。假设该噪声为白噪声，则它在目标频段内相当于 68.9 nVrms/rt-Hz 的噪声密度。

以 ADS58C20 为例，一个 1.9Vpp 满量程输入范围、70dB SNR 和 250MSPS 采样速率的 14 位 ADC，其噪底为 19.1 nVrms。任何来源的噪声都必须低于此值，以防其影响 ADC 性能。在第一奈奎斯特区，ADC 的噪声将是 213.5  $\mu\text{V rms}$  ( $19.1\text{nVrms/rt-Hz} \times \sqrt{250\text{MHz}/2}$ )。虽然转换器的噪声(68.9 nV/rt-Hz)是 ADC 噪底的 3 倍以上，但 ADC 有 40dB 的 PSRR，它会将开关节点器的噪声抑制到 689pV/rt-Hz ( $68.9\text{nV/rt-Hz} \times 10\text{mV/V}$ )。这一噪声比转换器的噪底小得多，因此 DC/DC 转换器的噪声不会降低转换器的性能。

我们做了一系列的试验，在每种电源配置的情况下，对 ADC 的 AC 性能进行了测试，以确定采用不同电源时，ADC 的性能变化。在这些设置中，模拟输入信号都采用罗德施瓦茨 (R&S) 的 SMU200A 信号发生器和 K&L 带通滤波器。测试结果如下表所示，可以看到采用 LDO 和 DC/DC 转换器相比，SNR 和 SFDR 性能没有显著的变化。

| 输入中频<br>(M) | LDO       |           | DC/DC     |           | 线性电源      |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|             | SNR(dBFS) | SFDR(dBc) | SNR(dBFS) | SFDR(dBc) | SNR(dBFS) | SFDR(dBc) |
| 25.005      | 71.16     | 87.2      | 71.15     | 87.8      | 71.12     | 88.38     |
| 49.965      | 70.63     | 85.96     | 70.69     | 86.27     | 70.68     | 87.11     |
| 94.935      | 70.46     | 86.53     | 70.44     | 86.28     | 70.54     | 87.06     |
| 119.895     | 69.71     | 85.28     | 69.78     | 84.85     | 70.03     | 87.86     |
| 150.105     | 69.16     | 82.1      | 69.17     | 81.3      | 69.62     | 83.99     |
| 169.935     | 69.19     | 85.31     | 69.49     | 85.57     | 69.4      | 84.59     |

|         |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 199.965 | 69.15 | 84.86 | 68.95 | 83.04 | 68.76 | 82.92 |
| 240.015 | 69.04 | 82.24 | 68.98 | 82.22 | 68.86 | 86.82 |
| 299.995 | 68.28 | 76.04 | 67.75 | 76.67 | 68.2  | 74.28 |
| 349.995 | 67.6  | 74.4  | 67.54 | 75.39 | 67.73 | 72.47 |
| 400.035 | 67.3  | 74.01 | 66.7  | 72.72 | 67.42 | 71.01 |

表 1 不同供电模式下 ADS58C20 性能测试结果

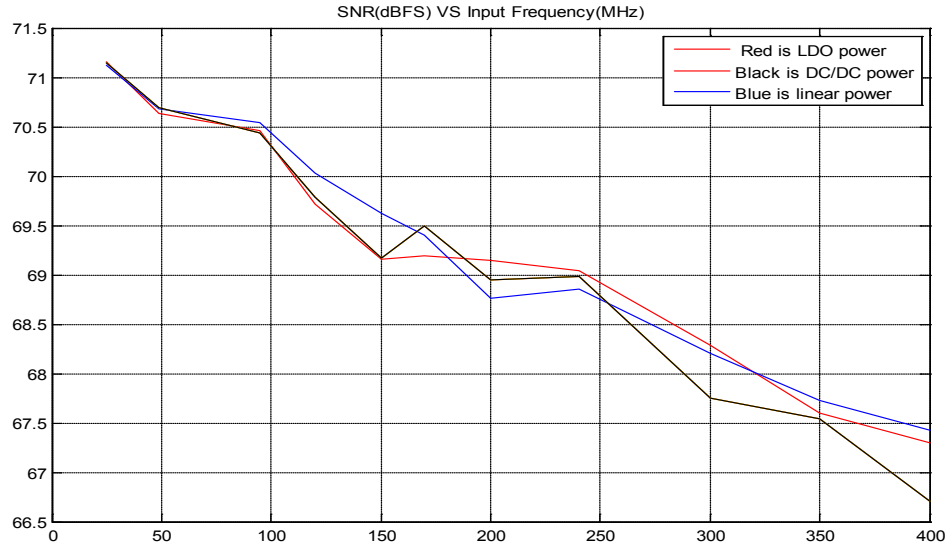


图 5. 不同供电模式下 ADS58C20 SNR 测试结果

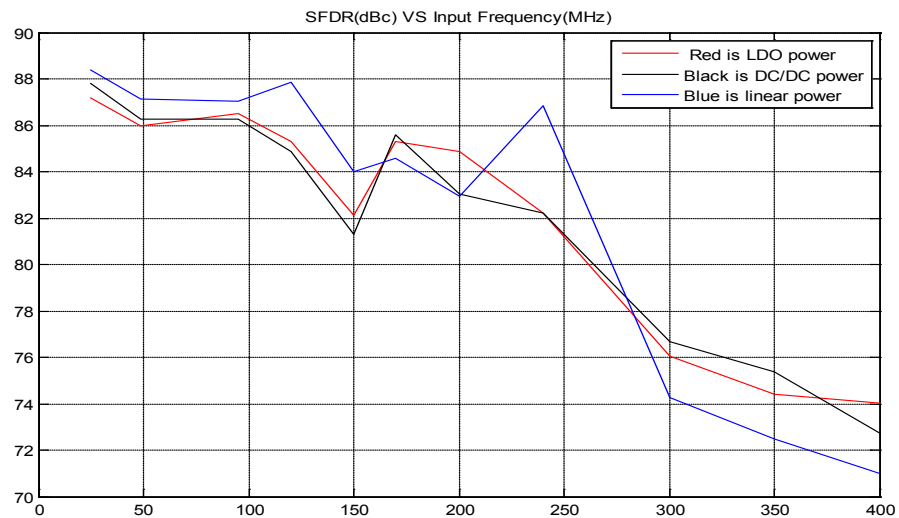


图 6. 不同供电模式下 ADS58C20 SFDR 测试结果

分别使用实验室线性电源，LDO 和 DC/DC 三种电源供电时，ADC 输出数据的 FFT 图，以输入信号开始，绘制出噪声与偏频之间的对比关系，表明使用 DC/DC 加磁珠滤波时，ADC 频域输出的奈奎斯特域的噪声底稍有变化。但是，看不出 DC/DC 转换器开关频率泄露。

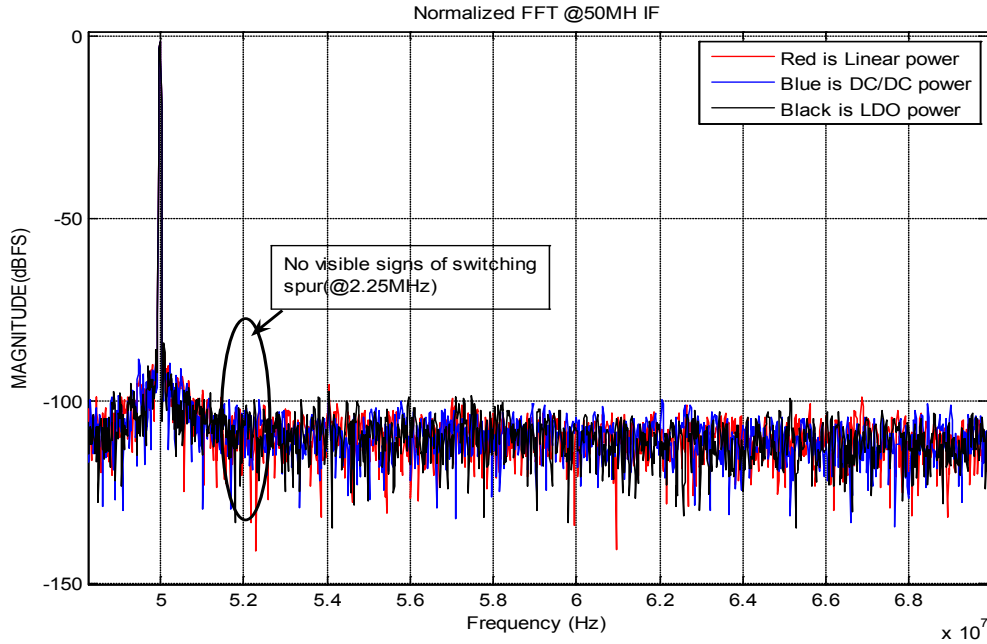


图 7. 不同供电模式下 ADS58C20 输出信号 FFT 图

如前所述，使用 DC/DC 转换器代替线性稳压器的主要优点是效率高。在 ADS58C20 EVM 实验中，LDO 和开关转换器都通过一个外部 5V 电源供电，DVDD 和 AVDD 都从一个电源域生成。下表列出了测得其各自的静态电流。

| Setup | Input Current and Voltage | Output Current and Voltage | Power Efficiency |
|-------|---------------------------|----------------------------|------------------|
| DC/DC | 284mA, 5V                 | 619mA, 1.976V              | 86.1%            |
| LDO   | 623mA, 5V                 | 612mA, 1.882V              | 37.0%            |

表 2 不同供电模式下 ADS58C20EVM 的电流测试结果

这些测试结果表明，使用 LDO 时，LDO 本身消耗的功率比 ADC 的消耗功率还多，而开关转换器方式消耗的额外功率很低，所以是一种非常高效的电源设计。通过将输入电压从 5V 降低至 3.3V 或更低，虽可进一步提高 LDO 的效率，但代价是要增加一级电压转换，系统成本更高，体积更大。



尽管 DC/DC 转换器使用的外部组件比 LDO 设计要多，但 DC/DC 转换器解决方案的整体尺寸可能会更小，因为新型的 DC/DC 转换器拥有更高的开关频率，其可以极大地缩小电感器尺寸(例如：TPS62590 的开关频率为 2.25MHz 时，所需电感为 2.2μH)。

相反，线性稳压器虽然要求少的电源滤波，但其封装尺寸因为功耗的问题，因而小型化受到限制。从成本角度来看，开关稳压器解决方案可能会因组件数目较多而稍显昂贵。但是，它的高效率可以节省散热技术成本，并能降低系统功率预算。

## 7 DC/DC 转换器布板注意事项

良好的 PCB 板设计会极大程度的减小整板噪音问题，如何设计好的 PCB 通常是困扰设计者的最大的难题，本文建议设计者能够掌握如下关键点。

1、凑型设计原则，设计者必须尽可能地把电感、芯片、开关管紧凑的放在一起，因为松散的布局会使得功率环路过长，而产生类似天线效应，将开关噪音辐射到周边器件中，同时产生严重的噪音问题；连接功率电感和开关管的铜线尽可能的使用覆铜方式连接，这样做的目的是减小铜箔的 ESL 值，在高频状态下，ESL 会等效成一个电感，引发过高的电压过冲，造成严重的  $dv/dt$ 。

2、PCB 板板层应尽量使用多层板结构，在多层板结构中通常有完整的地层和电源层，完整的平面层可等效成电容的极板，也就是可有效地吸收噪音，而且最重要的是完整的地层可以简化模拟地和数字地设计，设计者可以把数字地模拟地都连入这个地层。

3、要使用带有屏蔽功能的电感，因为电感工作时会产生变动的磁场，而变动的磁场必然产生一个变动的电场，这就相当于一个天线，对外辐射噪音；而屏蔽的电感会将磁场局限在电感内部，从而极大减少对外界的辐射，有利于降低整板噪音的辐射量。

4、电源去耦，为高速 ADC 供电时，应同时采用大的低 ESR 的陶瓷或钽电容为电源去耦电容和局部（ADC 引脚处）低 ESR 的陶瓷电容的组合。大去耦电容存储电荷对电源层和局部去耦电容充电，局部去耦电容则提供 ADC 所需的高频电流。对于局部去耦，一般建议为每个电源引脚提供一个去耦电容，并且应尽可能靠近 ADC 电源引脚放置。

## 8 DC-DC 输出滤波器设计考虑

**磁珠的设计考虑：**

**工作原理：**

磁珠的主要原料为铁氧体，铁氧体是一种立方晶格结构的亚铁磁性材料，铁氧体材料为铁镁合金或铁镍合金，这种材料的特点是高频损耗非常大，具有很高的导磁率，它可以使电感的线圈绕组之间在高频高阻的情况下产生的电容最小。铁氧体材料通常应用于高频情况，因为在低频时它们主要呈现电感特性，使得损耗很小。在高频情况下，它们主要呈现电抗特性并且随频率改变。

对于抑制电磁干扰用的铁氧体，最重要的性能参数为磁导率和饱和磁通密度。磁导率可以表示为复数，实数部分构成电感，虚数部分代表损耗，随着频率的增加而增加，即用公式来表示复数阻抗  $Z=R+jXL$ ；因此它的等效电路为由电感 L 和电阻 R 组成的串联电路，电感 L 和电阻 R 都是频率的函数，所以公式应修改为： $Z=R(f)+jXL$ 。当导线穿过这种铁氧体磁芯时，所构成的电感阻抗在形式上是随着频率的升高而增加，但是在高频和低频段工作时表现出的特性不太一样。

在高频段，阻抗主要由电阻成分主导，随着频率的升高，磁芯的磁导率降低，导致电感的电感量减小，感抗成分减小，但是此时磁芯的损耗增加，电阻成分增加，导致总的阻抗增加，当高频信号通过铁氧体时，电磁干扰被吸收并转换成热能的形式消耗掉（磁材的涡流损耗）。在低频段，阻抗主要由电感的感抗构成，低频时  $R$  很小，磁芯的磁导率较高，因此电感量较大，电感  $L$  起主要作用，电磁干扰被反射而受到抑制，并且这时磁芯的损耗较小，整个器件是一个低损耗、高品质因素  $Q$  特性的电感，这种电感容易造成谐振，因此在低频段时可能会出现使用铁氧体磁珠后干扰增强的现象。

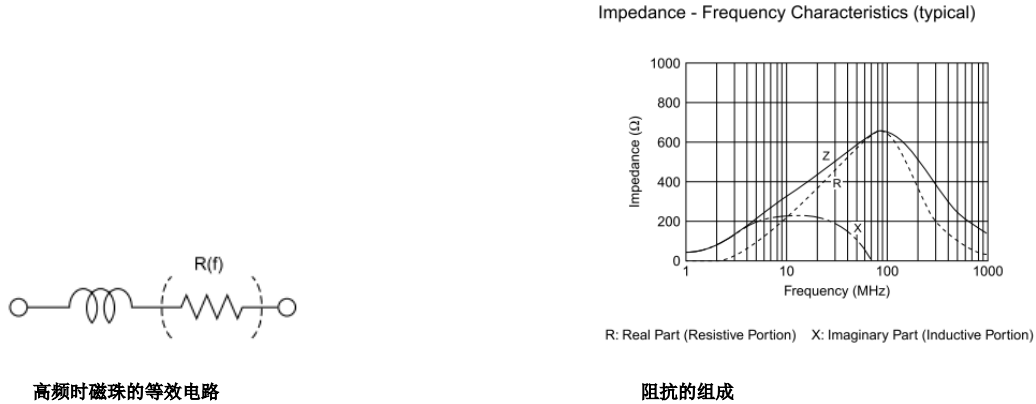


图 8. 磁珠的等效电路和阻抗组成图

设计实例：

有上述可以得出高频噪音可以有效地被磁珠衰减，以热量的形式被消耗，但是超过磁珠的截止频率以后，磁珠的滤波能力会下降，因为它的阻抗会下降，所以需要知道所要滤除噪音频段的最高频率以及磁珠所能支持的最高频段。以伍尔特磁珠 **74279252** 为例，首先需要确定所要滤出的噪音频段，比如在 **10MHz~100MHz** 以内的噪音是我们想要滤除的频段，那么就需要选择在此频段时具有相对较高的阻抗磁珠，可以从它的阻抗图中读出此值：大约在 **40ohm~1Kohm** 之间。

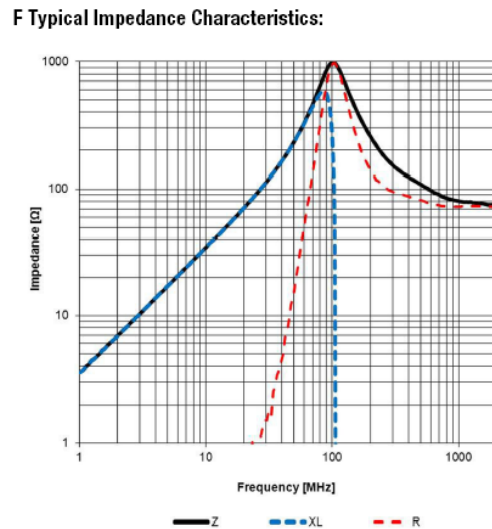
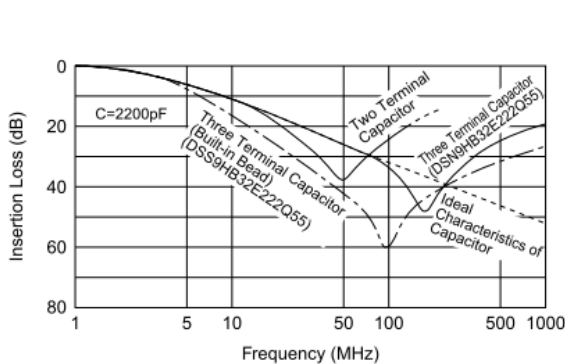


图 9. 伍尔特磁珠的实际曲线

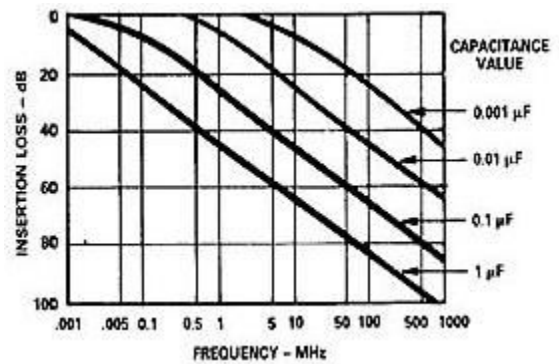
## 穿心电容的设计考虑:

### 工作原理:

对于理想的电容来说，它的插入损耗如下图中右图所示，即随着容量增加它的插入损耗会逐步增加，但是对于实际电容来说并不是如此，这是因为实际电容是由：理想电容+寄生电感（ESL）+寄生电阻（ESR）构成，因此实际电容和它的寄生 ESL 形成了 LC 的串联谐振，当频率超过谐振频率后，谐振频率为  $f_0=1/(2*\pi*SQRT(LC))$ ，式中：L 为等效电感；C 为实际电容；当频率小于  $f_0$  时，呈现为电容；频率大于  $f_0$  时，呈现为电感。所以，电容器更像是一个带阻滤波器，而不是一个低通滤波器。电容的 ESL 和 ESR 是由电容的构造和所用介质材料决定的，与电容容量无关。对于高频的抑制能力并不会因为更换大容量的同类型电容而增强。更大容量的同类型电容器的阻抗在频率低于  $f_0$  时，比小容量电容器的阻抗小，但是，当频率大于  $f_0$  时，ESL 决定了二者的阻抗没有差别。可见，为了改进高频滤波特性，必须使用具有较低 ESL 的电容器。使用三端电容带来的优势是：ESL 可以降得更低，因此对于高频的抑制能力更强；如下图中的左图所示，三端电容的插入损耗高于普通两端的电容，而且大容量的三端电容比低容量的三端电容的插入损耗更高。



理想电容和实际的电容的插入损耗图例



理想电容容量与插入损耗的关系图

图 10. 电容的插损图

### 穿心电容的构成:

通常穿心电容是由输入、输出、公共地三个端口组成，如下图所示，这样的形式的优点是，噪音会不得不先经过电容体，然后经过公共地，将噪音旁路到地回路中，最后将干净的电流、电压送到负载侧，因此对于噪音的滤除能力要远远好过普通的去耦电容。

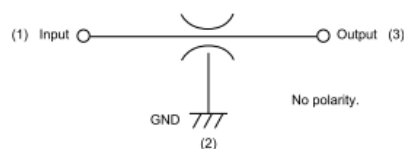


图 11. 穿心电容原理框图

### 设计实例:

一般来说描述穿心电容的滤波能力的是使用它的插入损耗曲线来表示，设计者还需要考虑所要滤除的噪音频率范围必须在电容的自谐振点范围以内（下图示中的拐点频率），使得穿心电容工作在“电容区”。比如要滤除 10MHz 到 150MHz 的噪音，以村田的 NFM18CC223R1C3 为例（电容容量 22nF），可以看出它的插入损耗在 150MHz 时是 65dB 左右，利用这条曲线设计者会很方便的选取到合适的电容。

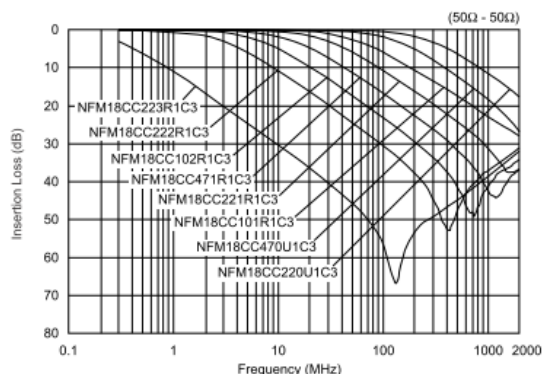


图 12. 村田穿心电容的实际插损图

## 9 结论

系统对效率的要求越来越高，如何将高速模数转换器的电源架构转换到高效率的 DC/DC 是一个很大的问题。本文通过详细分析，论证了在仔细设计的情况下是可以直接使用 DC/DC 转换器为高速 ADC 供电而不会造成性能损失。最后通过大量测试结果证明了我们的推论。

## 10 参考文献

1. Testing an A/D's power supply rejection ratio <http://www.eetimes.com/design/analog-design/4165335/Testing-an-A-D-s-power-supply-rejection-ratio>
2. Use a switching regulator to power a hi-speed ADC, without significantly sacrificing performance <http://new.eetimes.com/design/power-management-design/4214526/Use-a-switching-regulator-to-power-a-hi-speed-ADC--without-significantly-sacrificing-performance?Ecosystem=analog-design>
3. Improving the Power Efficiency of High-Speed ADCs [www.ti.com](http://www.ti.com)
4. Power-supply design for high-speed ADCs [www.ti.com/lit/an/slyt366/slyt366.pdf](http://www.ti.com/lit/an/slyt366/slyt366.pdf)
5. 高 速 ADC 供 电 指 南 [http://www.eet-china.com/ART\\_8800631739\\_617703\\_TA\\_1a20bc82.HTM](http://www.eet-china.com/ART_8800631739_617703_TA_1a20bc82.HTM)

## 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 and 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 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件, 此类组件主要针对汽车用途。凡未做如此标示的组件则并非设计或专门用 于汽车用途; 如果客户在汽车应用中使用任何未被指定的产品, 则 TI 对未能满足应用要求不承担任何责任。

| 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/omap">www.ti.com/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 © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司