

工业用低噪声线性稳压器介绍

Willie Wen, Sophia Tong | AN082

本篇应用文章探讨线性稳压器在工业领域中的应用场景以及系统需求。与切换式稳压器相比，线性稳压器具有低噪声、输出电压、小尺寸封装、低待机电流和高成本效益，可适用于不同的工业应用。本篇文章先探讨低噪声性能参数的重要性，并介绍立锜工业用低噪声线性稳压器的性能与优点。此外，也提供了相关产品列表，以帮助使用者针对系统需求，选择合适的产品。

目录

1	工业应用场景与系统需求.....	2
2	低噪声线性稳压器	2
3	可简单设定输出电压的低噪声线性稳压器	4
4	低噪声线性稳压器概述	4
5	总结	5

1 工业应用场景与系统需求

图 1 是一个工业系统的简单应用场景，输入电压通常为 12V 或是 24V。对噪声敏感的系统，其特点是需要较低的输出电压，除了会被使用在无线基础设施中，如主动式天线单元 (AAU) 和多输入多输出 (MIMO) 系统，还会被应用于仪器和医疗设备的射频放大器或数位类比转换器中。为了从较高的输入电压源向对噪声敏感系统提供较低的输出电压，通常使用切换式稳压器作为第二电源级，这种方法提高了功率转换效率，并最小化内部被动元件中的功率损耗。然而，切换式稳压器可能会引入来自开关晶体管的内部噪声，和从输入电源经由电缆的外部噪声。因此，在切换式稳压器和对噪声敏感的系统之间放置一个具有降噪特性的线性稳压器是必要的。这个低噪声线性稳压器可在其输入端过滤掉噪声，并在输出端提供干净、线性的电力，最小化系统信号链中的电压量测不匹配。

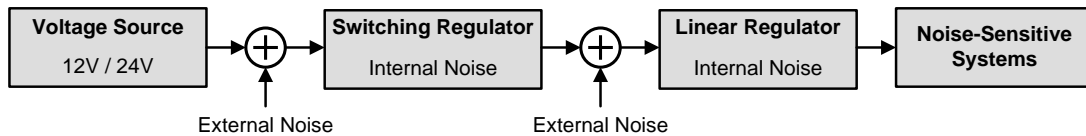


图 1. 简单工业系统应用方块图

2 低噪声线性稳压器

低噪声线性稳压器，具有三个关键特性：电源纹波抑制比 (PSRR)、输出噪声，和噪声频谱密度。PSRR用于过滤来自外部电源和切换式稳压器输出的输入端噪声，可消除额外输入滤波元件的需求。如图2所示，低噪声线性稳压器的典型PSRR曲线，展示了PSRR如何反映由输入电压波动引起的输出纹波电压的变化。这种关系可以用下面的对数形式方程式来表示：

$$PSRR(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{\Delta V_{IN}(f)}{\Delta V_{OUT}(f)} \right)$$

其中 ΔV_{IN} 代表输入电压涟波，而 ΔV_{OUT} 代表输出电压涟波，两个参数都是在同一个频率点下量测的结果。

此外，由于线性稳压器的输出阻抗和内部补偿的关系，输出电流也会影响PSRR的结果。因此，建议选择具有高PSRR的线性稳压器来消除反映在输出端的输入噪声。

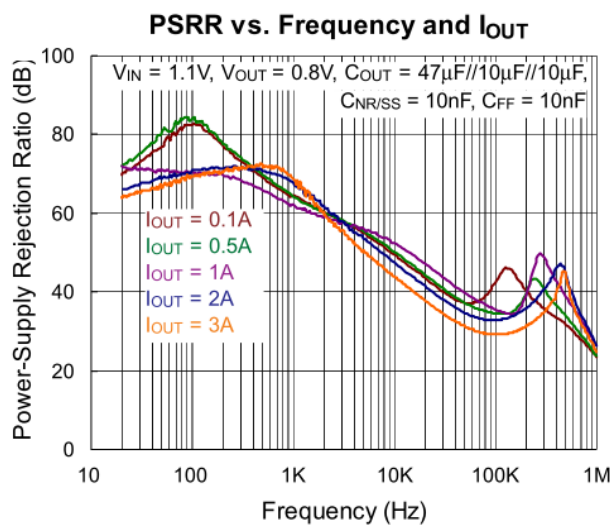


图 2. 典型的电源纹波抑制比曲线

低噪声线性稳压器的另一个重要特性是输出噪声频谱密度曲线与频率的关系，这是一个以微伏每赫兹平方根 ($\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$) 为振幅的频谱图，如图3所示。这个图帮助使用者评估低噪声线性稳压器的输出噪声频率响应，以确保其满足系统要求。此外，在从图3获得量测数据后，可以使用下面的方程式中显示的黎曼积分中点法则，估算出在工业标准带宽（通常从10Hz到100kHz）内的输出电压噪声振幅大小：

$$V_{\text{Noise}}(\mu\text{V}_{\text{RMS}}) = \sqrt{\sum \left[\left(\frac{\text{Noise}_{N+1}^2 + \text{Noise}_N^2}{2} \right) \times (f_{N+1} - f_N) \right]}$$

其中 Noise_N 是噪声频谱密度中第N个频率点的振幅大小，而 f_N 与 f_{N+1} 则是第 N 与 N+1 个频率点。

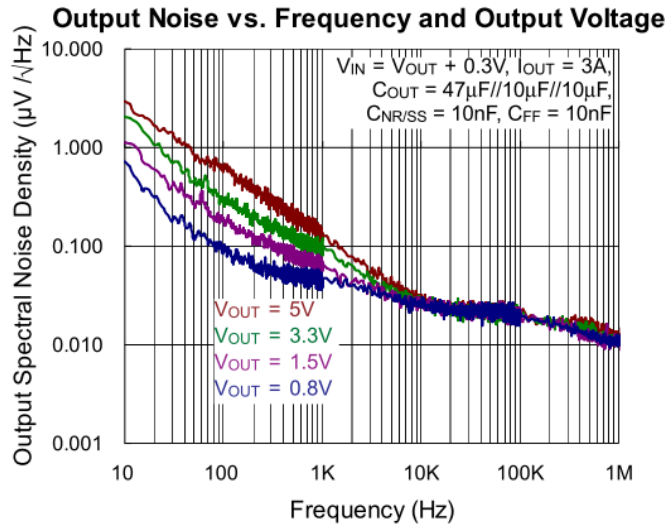


图 3. 输出噪声性能曲线

利用上述提供的噪声方程式，图3中描绘的噪声水平在0.8V、1.5V、3.3V和5V的输出电压下，可以分别被计算为7.67、8.75、11.25和15.92微伏特均方根 (μVRMS)，并且是在10Hz到100kHz的频率范围内。

下面的设计范例展示了用于射频放大器驱动 (RF Biasing)、锁相控制回路 (PLL)、压控振荡器 (VCO)、类比数位转换器 (ADC) 与数位类比转换器 (DAC)、串行数据传输 (SerDes)、现场可编程逻辑阵列 (FPGA) 和数字信号处理器 (DSP) 应用的低噪声线性稳压器。我们最新的低噪声线性稳压器系列，RTQ2538/RTQ2539/RTQ2540，特别为对噪声敏感的应用而设计。这个系列具有高PSRR，在大约500kHz时高达40dB，以及优异的噪声免疫性能，达到6.8 μVRMS 。此外，通过在NR/SS引脚添加外部旁路电容，可以增强输出抗噪性。它还包括一个启用输入 (Enable) 和一个电源良好指示器 (PGOOD)，可更容易地达成系统时序控制。

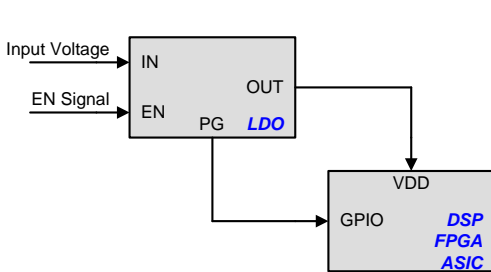


图 4(a). 可编程逻辑阵列的设计参考范例

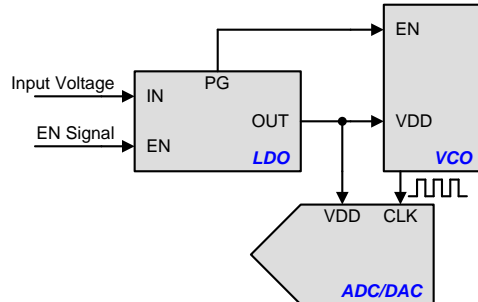


图 4(b). 数位类比与类比数位转换器的设计参考范例

3 可简单设定输出电压的低噪声线性稳压器

在其他工业领域中，I/O扩充装置是另一种常用的应用，它通过串行通讯汇流排 (I²C) 或电源管理总线 (PMBUS) 的介面为CPU提供通用目的I/O (GPIO) 引脚。GPIO的数量通常从2到48引脚不等，可以通过最小化系统印刷电路板面积和简化软体开发时程来降低产品的元件数量与总成本。因此，我们有简单设定输出电压的系列，RTQ2532/RTQ2533/RTQ2537，消除了外部电阻分压器的需求，如下面的设计范例5(a)和5(b)所示。输出电压可以通过将IC引脚接到高电位与低电压的方式，进而实现动态输出电压控制的系统应用。

这个系列具有高PSRR，在大约500kHz时高达40dB，以及优异的噪声免疫性能，达到6.8μVRMS。通过在NR/SS引脚添加外部旁路电容可以增强输出抗噪性。它还包含一个启用输入 (Enable) 和一个电源良好指示器 (PGOOD)，可更容易地达成系统时序控制。

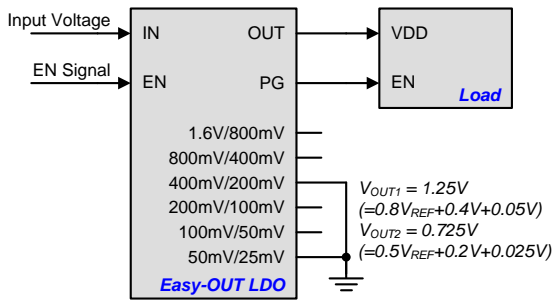


图 5(a). 简易设定输出电压的参考线路图

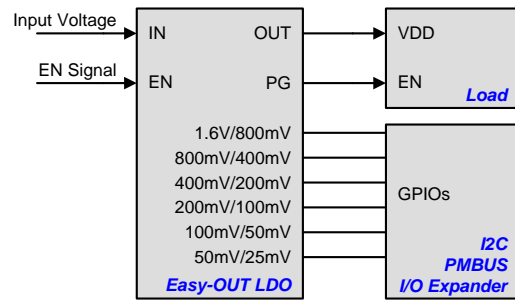


图 5(b). I/O 扩充装置的参考范例

4 低噪声线性稳压器概述

立锜提供多种低噪声线性稳压器，以满足对噪声敏感的应用需求，具有以下特点：

- (1) 低至6.8μVRMS卓越的低噪声。
- (2) 单一输入电压可支援低至1.1V：单一供电输入，不需额外电源，可简化印刷电路板布局，便于系统设计。此外，在需要较低输出电压、较大输出电流条件的应用上，我们的低噪声线性稳压器系列都可支援低至1.1V的输入供电电压。
- (3) 输出电压可支援低至0.5V，精准度1%，适用于低功耗的高性能工业系统应用。
- (4) 支援极低的压降电压，工业系统通常需要大工作电流，输出电压必须尽可能接近输入电压以降低功率损耗。例如，RTQ2540H在最高4A的输出电流下，其最大压降电压仅为145mV。
- (5) 小尺寸晶片，仅2.2x2.5毫米，可满足印刷电路板布局空间的限制。

4.1 低噪声线性稳压器系列

表 1. 小尺寸、极低压降电压系列

Part Number	IOUT (A)	VIN Range (V)	VOUT Range (V)	Accuracy (%)	RMS Noise (μVRMS)	Typ. PSRR @ 500kHz (dB)	Dropout @ Full Load (mV)	Quiescent Current (mA)	Package(s)	Features
RTQ2552A	2	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.2	±1%	6.8	40	90	3.7	WDFN-10L-2.5x2.5	EN, SS, PG
RTQ2538H	2	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	±1%	6.8	40	90	3.7	WQFN-12L-2.2x2.5	EN, SS, PG
RTQ2539A	3	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	±1%	6.8	40	130	4.3	WQFN-12L-2.2x2.5	EN, SS, PG
RTQ2539C	3	1.1 ~ 6.5	0.5 ~ 5.5	±1%	8.7	40	130	4.3	WDFN-12L-2.2x2.5	EN, SS, PG
RTQ2540H	4	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	±1%	6.8	40	145	4.3	WQFN-12L-2.2x2.5	EN, SS, PG

表 2. 简易输出电压设定系列

Part Number	IOUT (A)	VIN Range (V)	VOUT Range ADJ. (V)	VOUT Range Easy-Out (V)	Accuracy (%)	RMS Noise (μVRMS)	Typ. PSRR @ 500kHz (dB)	Dropout @ Full Load (mV)	Package(s)	Features
RTQ2532N	2	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	0.8 ~ 3.95	$\pm 1\%$	6.8	40	125	VQFN-20L-3.5x3.5	EN, SS, PG, 50mV Pin-Strapped
RTQ2532W	2	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	0.8 ~ 3.95	$\pm 1\%$	6.8	40	125	VQFN-20L-5x5	EN, SS, PG, 50mV Pin-Strapped
RTQ2532E	2	1.1 ~ 6.5	0.5 ~ 5.5	0.5 ~ 2.075	$\pm 1\%$	6.8	40	125	VQFN-20L-3.5x3.5	EN, SS, PG, 25mV Pin-Strapped
RTQ2532E1	2	1.1 ~ 6.5	0.5 ~ 5.5	0.5 ~ 2.075	$\pm 1\%$	6.8	40	125	VQFN-20L-5x5	EN, SS, PG, 25mV Pin-Strapped
RTQ2533W	3	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	0.8 ~ 3.95	$\pm 1\%$	6.8	40	180	VQFN-20L-3.5x3.5	EN, SS, PG, 50mV Pin-Strapped
RTQ2533E	3	1.1 ~ 6.5	0.5 ~ 5.5	0.5 ~ 2.075	$\pm 1\%$	6.8	40	180	VQFN-20L-3.5x3.5	EN, SS, PG, 25mV Pin-Strapped
RTQ2537	4	1.1 ~ 6.5	0.8 ~ 5.5	0.8 ~ 3.95	$\pm 1\%$	6.8	40	240	VQFN-20L-3.5x3.5	EN, SS, PG, 50mV Pin-Strapped
RTQ2537E	4	1.1 ~ 6.5	0.5 ~ 5.5	0.5 ~ 2.075	$\pm 1\%$	6.8	40	240	VQFN-20L-3.5x3.5	EN, SS, PG, 25mV Pin-Strapped

5 总结

立锜的低噪声线性稳压器系列具有高PSRR、低噪声和简易设计的特点，使用者可轻松地依照不同的工业应用需求做选择。

若要获得更多产品的产品信息，请[订阅我们的电子报](#)。

Richtek Technology Corporation

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City

Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.