

工業用低噪聲線性穩壓器介紹

Willie Wen, Sophia Tong | AN082

本篇應用文章探討線性穩壓器在工業領域中的應用場景以及系統需求。與切換式穩壓器相比，線性穩壓器具有低噪聲、輸出電壓、小尺寸封裝、低關機電流和高成本效益，可適用於不同的工業應用。本篇文章先探討低噪聲性能參數的重要性，並介紹立錫工業用低噪聲線性穩壓器的性能與優點。此外，也提供了相關產品列表，以幫助使用者針對系統需求，選擇合適的產品。

目錄

1	工業應用場景與系統需求.....	2
2	低噪聲線性穩壓器	2
3	可簡單設定輸出電壓的低噪聲線性穩壓器	4
4	低噪聲線性穩壓器概述	4
5	結論	5

1 工業應用場景與系統需求

圖 1 是一個工業系統的簡單應用場景，輸入電壓通常為 12V 或是 24V。對噪聲敏感的系統，通常是需較低的輸出電壓，除了會被使用在無線基礎設施中，如主動式天線單元 (AAU) 和多輸入多輸出 (MIMO) 系統，還會被應用於儀器和醫療設備的射頻放大器或數位類比轉換器中。為了從較高的輸入電壓源向對噪聲敏感系統提供較低的輸出電壓，通常使用切換式穩壓器作為第二電源級，這種方法提高了功率轉換效率，並最小化內部被動元件中的功率損耗。然而，切換式穩壓器可能會有來自切換開關的內部噪聲，和從輸入電源經由線路產生的外部噪聲。因此，在切換式穩壓器和對噪聲敏感的系統之間，需增加一個低噪聲線性穩壓器。這個低噪聲線性穩壓器可在輸入端過濾掉噪聲，並在輸出端提供乾淨、線性的電力，最小化系統信號鏈中的電壓量測不匹配。

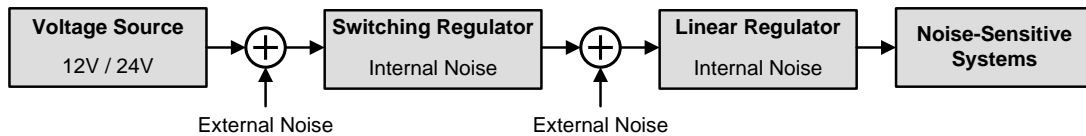


圖 1. 簡易工業系統應用方塊圖

2 低噪聲線性穩壓器

低噪聲線性穩壓器，通常具有三個關鍵特性：電源紋波抑制比 (PSRR)、輸出噪聲，和噪聲頻譜密度。PSRR用於過濾來自外部電源，和切換穩壓器輸出的輸入端噪聲，可減少額外輸入濾波元件的需求。如圖2所示，低噪聲線性穩壓器的典型PSRR曲線，表示出PSRR如何反映由輸入電壓波動引起的輸出紋波電壓的變化。這種關係可以用下面的對數形式方程式來表示：

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

其中 ΔV_{IN} 代表輸入電壓漣波，而 ΔV_{OUT} 代表輸出電壓漣波，兩個參數都是在同一個頻率點下量測的結果。

此外，由於線性穩壓器的輸出阻抗和內部補償的關係，輸出電流也會影響PSRR的結果。因此，建議選擇具有高PSRR的線性穩壓器來消除反映在輸出端的輸入噪聲。

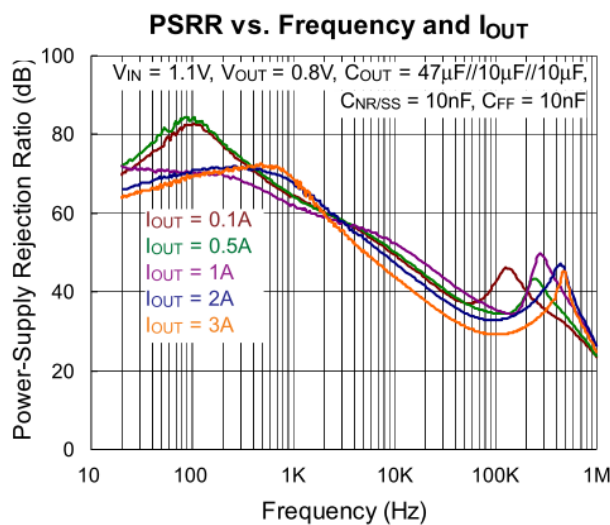


圖 2. 典型的電源紋波抑制比曲線

低噪聲線性穩壓器的另一個重要特性是輸出噪聲頻譜密度曲線與頻率的關係，這是一個以微伏每赫茲平方根 ($\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$) 為振幅的頻譜圖，如圖 3 所示。這個圖幫助使用者評估低噪聲線性穩壓器的輸出噪聲頻率響應，以確保其滿足系統要求。此外，在從圖 3 獲得量測數據後，可以使用下面的方程式中顯示的黎曼積分中點法則，估算出在工業標準帶寬（通常從 10Hz 到 100kHz）內的輸出電壓噪聲振幅大小：

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

其中 Noise_N 是噪聲頻譜密度中第 N 個頻率點的振幅大小，而 f_N 與 f_{N+1} 則是第 N 與 N+1 個頻率點。

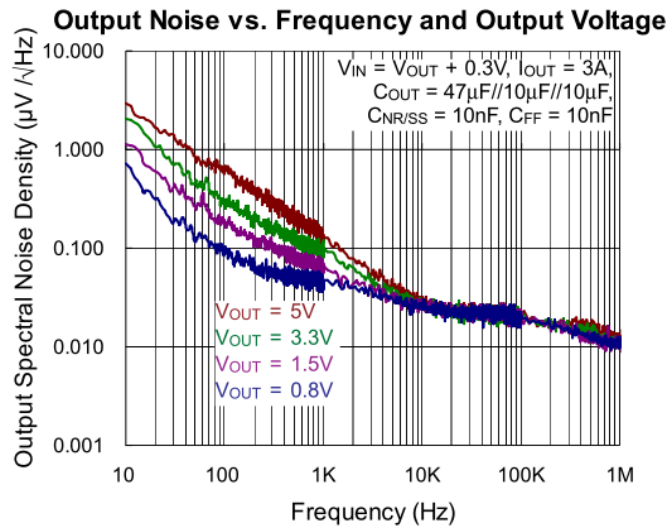


圖 3. 輸出噪聲性能曲線

利用上述提供的噪聲方程式，圖3中描繪的噪聲水平在0.8V、1.5V、3.3V和5V的輸出電壓下，可以分別被計算為7.67、8.75、11.25和15.92微伏特均方根 (μVRMS)，並且是在10Hz到100kHz的頻率範圍內。

下面的設計範例顯示了可用於射頻放大器驅動 (RF Biasing)、鎖相控制迴路 (PLL)、壓控振盪器 (VCO)、類比數位轉換器 (ADC) 與數位類比轉換器 (DAC)、串列數據傳輸 (SerDes)、現場可編程邏輯閘陣列 (FPGA) 和數字信號處理器 (DSP) 應用的低噪聲線性穩壓器。我們最新的低噪聲線性穩壓器系列，RTQ2538/RTQ2539/RTQ2540，特別為對噪聲敏感的應用而設計。這個系列具有高PSRR，在大約500kHz時高達40dB，以及優異的噪聲免疫性能，達到 $6.8\mu\text{VRMS}$ 。此外，通過在NR/SS引腳添加外部旁路電容，可以增強輸出抗噪性。它還具有一個啟用輸入 (Enable) 和一個電源良好指示器 (PGOOD)，可更容易地達成系統時序控制。

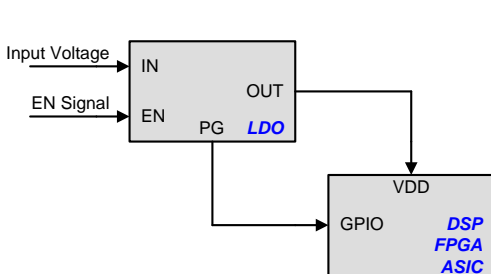


圖 4(a). 可編程邏輯閘陣列的設計參考範例

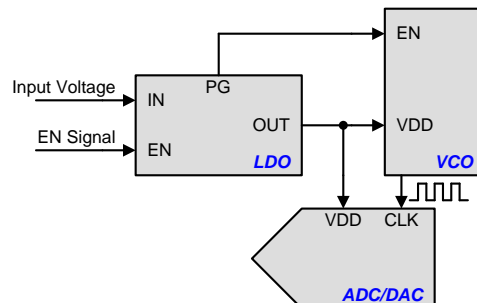


圖 4(b). 數位類比與類比數位轉換器的設計參考範例

3 可簡單設定輸出電壓的低噪聲線性穩壓器

在其他工業領域中，I/O擴充裝置是另一種常用的應用，它通過串列通訊匯流排 (I²C) 或電源管理總線 (PMBUS) 的介面為CPU提供通用目的I/O (GPIO) 引腳。GPIO的數量通常從2到48引腳不等，可以通過最小化系統印刷電路版面積和簡化軟體開發時程來降低產品的元件數量與總成本。因此，我們有簡單設定輸出電壓的系列，RTQ2532/RTQ2533/RTQ2537，消除了外部電阻分壓器的需求，如下面的設計範例5(a)和5(b)所示。輸出電壓可以通過將IC引腳接到高電位與低電壓的方式，進而實現動態輸出電壓控制的系統應用。

這個系列具有高PSRR，在大約500kHz時高達40dB，以及優異的噪聲免疫性能，達到6.8μVRMS。通過在NR/SS引腳添加外部旁路電容可以增強輸出抗噪性。它還包括一個啟用輸入 (Enable) 和一個電源良好指示器 (PGOOD)，可更容易地達成系統時序控制。

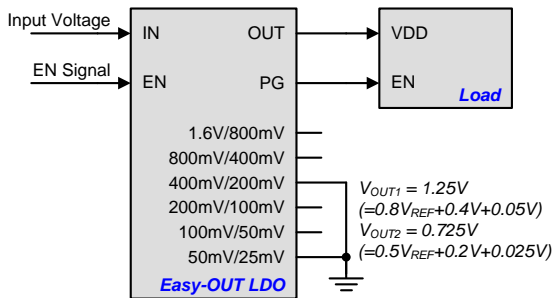


圖 5(a). 簡易設定輸出電壓的參考線路圖

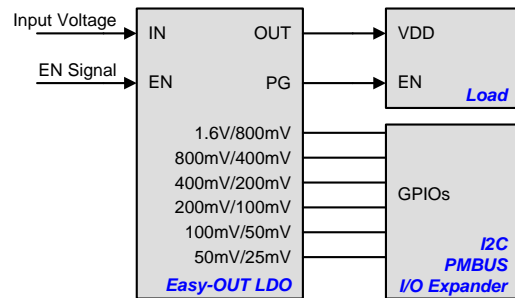


圖 5(b). I/O 擴充裝置的參考範例

4 低噪聲線性穩壓器概述

立錡提供多種低噪聲線性穩壓器，以滿足對噪聲敏感的應用需求，具有以下特點：

- (1) 低至6.8μVRMS卓越的低噪聲。
- (2) 單一輸入電壓可支援低至1.1V：單一供電輸入，不需額外電源，可簡化印刷電路版佈局，便於系統設計。此外，在需要較低輸出電壓、較大輸出電流條件的應用上，我們的低噪聲線性穩壓器系列都可支援低至1.1V的輸入供電電壓。
- (3) 輸出電壓可支援低至0.5V，精準度1%，適用於低功耗的高性能工業系統應用。
- (4) 支援極低的壓降電壓，工業系統通常需要大工作電流，輸出電壓必須盡可能接近輸入電壓以降低功率損耗。例如，RTQ2540H在最高4A的輸出電流下，其最大壓降電壓僅為145mV。
- (5) 小尺寸晶片，僅2.2x2.5毫米，可滿足印刷電路版佈局空間的限制。

4.1 低噪聲線性穩壓器系列

表 1. 小尺寸、極低壓降電壓系列

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. 簡易輸出電壓設定系列

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 結論

立錫的低噪聲線性穩壓器系列具有高PSRR、低噪聲和簡易設計的特點，使用者可輕鬆地依照不同的工業應用需求做選擇。

若要獲得更多產品的產品資訊，請訂閱我們的電子報。

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.