

運用 JFET 輸入放大器於高速應用的優勢

■作者：Bharat Agrawal

德州儀器高速放大器部門系統工程師

電壓反饋放大器 (voltage-feedback amplifiers) 通常可根據裝置中的電晶體類型進行分類，像是雙極、互補式金屬氧化物半導體 (CMOS) 或接面場效電晶體 (JFET)。部分的放大器亦會同時使用這兩種電晶體，使得放大器於各階段中皆獲得相對應的優勢。例如，JFET 輸入放大器包含一個採用 JFET 的輸入差動對 (input differential pair)，與後續使用雙極電晶體的增益和輸出級，可產生極大的放大器輸入阻抗。

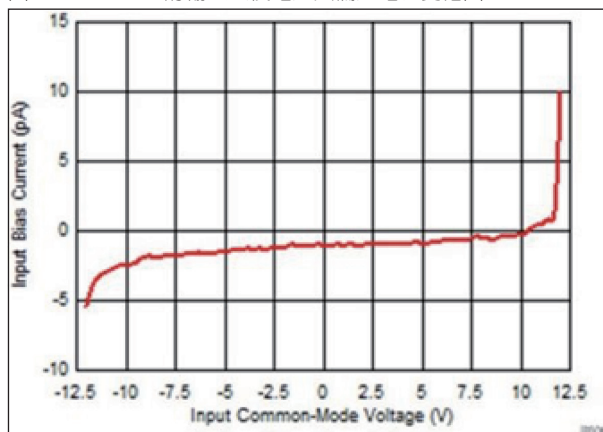
JFET 輸入放大器可用於測試與量測類比前端、電流感測放大器、類比數位轉換器 (ADC) 驅動器、光電二極體轉阻放大器 (photodiode transimpedance amplifiers)，或透過多工器用作多通道感測器介面。本文將以 OPA2810 為例，探討使用 JFET 輸入放大器於上述應用的優勢。OPA2810 是一款 110MHz、27V、寬輸入差動電壓 (VIN, Diff) 容差軌至軌輸入 / 輸出 FET 輸入放大器。

資料採集和電流感測

測試和量測設備使用放大器作為單位增益緩衝器，或非反相增益配置來量測電壓訊號。該設備必須在不干擾測定量的情況下量測電壓訊號，此功能可透過 JFET 輸入放大器中的高阻抗輸入和低偏壓電流來實現。在功率分析儀和示波器中，前端的大阻抗衰減器更需要採用高阻抗輸入放大器。

JFET 輸入和 CMOS 放大器的輸入端，與輸入差動對電晶體的閘極連接，僅產生極小的偏壓電流。OPA2810 的輸入阻抗非常高，約 2pA 的偏壓

圖 1：OPA2810 的輸入共模電壓與偏壓電流變化圖



電流在其輸入共模電壓範圍內變化最小，這可以透過使用主 JFET 輸入級以及在正電源 2.5V 內運作的 CMOS 輔助級實現。電流感測應用量測的是電流流過分流電阻器所引起的電壓降，如圖 1 所示，OPA2810 採用 $\pm 12V$ 電源供電時，隨著輸入共模電壓 (線性工作區遠離電源) 改變，偏壓電流的變化相對較小，有助於大幅減小輸入訊號擺幅的偏移電壓變化，提供高精確度電流感測電路。

測量和量測設備仍必須準確地在放大器輸出上重新產生輸入訊號，OPA2810 具備卓越的 75mA 線性輸出驅動能力，因此可提供出色的失真性能。由於設備通常採用線路供電，因此放大器必須在大於 24V 的電源電壓下運作。

寬頻光電二極體跨阻抗應用

在寬頻光電二極體跨阻抗應用中，透過採用如圖 2 配置的放大器，光電二極體電流可被轉換為電

壓。儘管高速放大器的增益寬帶產品對於實現大閉環增益非常有效，但 JFET 輸入放大器中的低輸入電流雜訊和偏壓電流，有助於透過使用高和極高跨阻抗增益，來提高電路中的輸出雜訊性能，同時降低偏壓電流所導致的輸出電壓偏移。工程師必須使用反饋電容 C_F 使電路保持穩定，請參考「跨阻抗放大器需知—PART 1」文中的公式，計算圖 2 中各零組件的數值，進而得出圖 3 中所示的增益幅度和相位圖。

多通道輸入資料採集系統

與輸出阻抗相對較高的感測器對接時，高阻輸入放大器格外有用。這種多通道系統通常會透過多工器將這些感測器與訊號鏈連接起來。您可以使

圖 2：具備反饋補償電容的光電二極體跨阻抗放大器電路

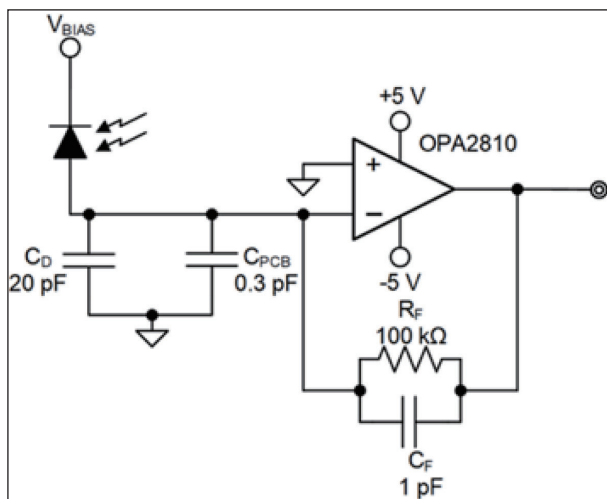
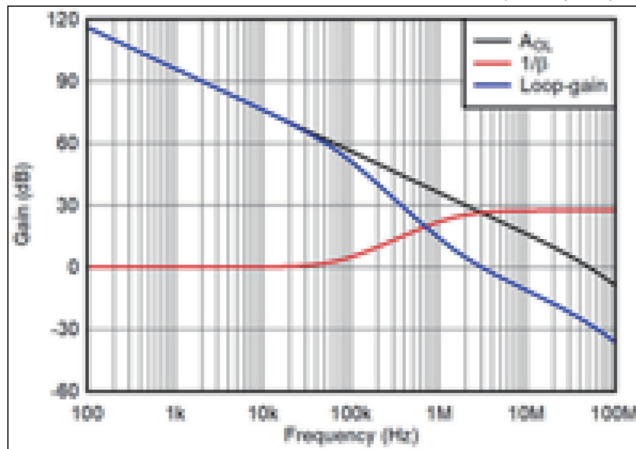
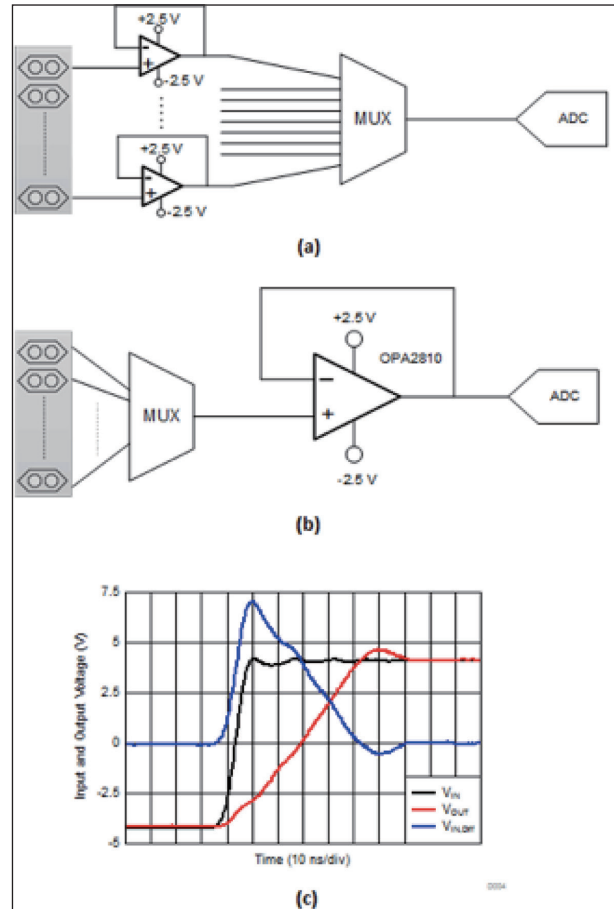


圖 3：圖 2 中跨阻抗放大器的增益幅度和相位波德圖 (Bode plots)



用圖 4a 所示的電路和放大器來連接每個感測器，並連接到多工器的輸入端。圖 4b 的交流電路，則使用單一快速建立放大器，將多工器輸出端直接與感測器連接。如此會導致通道間切換時產生大訊號瞬態，其中放大器的處理性能和最大允許輸入差動電壓變

圖 4：(a) 具有多個緩速建立放大器的多通道感測器前端；(b) 使用單一快速建立 OPA2810；(c) 採用 OPA2810 的大訊號瞬態響應



得更加重要。

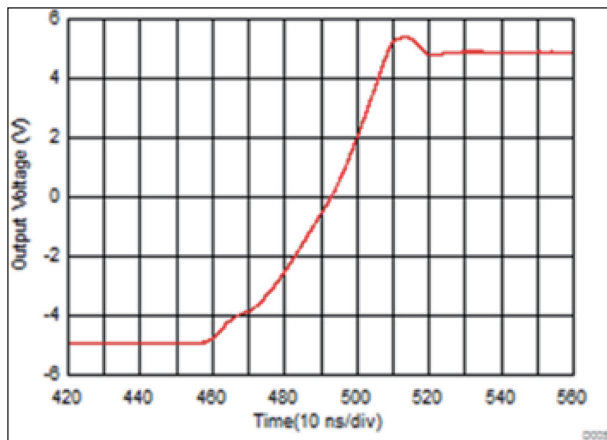
圖 4c 顯示了在 OPA2810 的非反相輸入端施加 8V 階躍時的輸出電壓和輸入差動電壓，OPA2810 是圖 4b 中所配置的一個單位增益緩衝器。

由於快速輸入瞬態，放大器受到擺動限制，且輸入端彼此停止追蹤（圖 4c 中最大 $V_{IN, Diff}$ 為 7V），直到輸出達到其最終值並且負反饋迴路閉合。對於 $V_{IN, Diff}$ 額定值為 0.7-1.5V 的標準放大器，您必須使用與輸入針腳串聯的限流電阻來防止發生不可逆的損壞，如此也會限制零組件的頻率反應。OPA2810 內建輸入鉗位，可提供 $V_{IN, Diff}$ 高達 7V 的應用，不僅無需使用外部電阻，也不會損壞零組件或改變性能規格。由於輸入級結構與快速建立性能相結合，使 OPA2810 非常適用於多通道感測器多工系統。

ADC 驅動器

在多數的相關應用中，高速放大器可能會驅

圖 5：大訊號瞬態和穩定響應



動循序漸近式 (SAR, successive approximation register) 或管線式 (pipeline) ADC。由於 ADC 會在抽樣間隔期間開關輸出電容器，所以在驅動這些轉換器時，必須使用放大器來防止發生輸入負載。對於快速抽樣速率，ADC 輸入必須在數據產生之前迅速穩定在 0.5 LSB 以內，由於其增益帶寬乘積 (gain-bandwidth product) 更大，因此可以使用高速放大器，從而實現環路增益並改善穩定性能。如圖 5 所示，OPA2810 在 130ns 左右穩定在最終值的 0.001% 內，輸入步進為 10V，單一增益為 24V。由於其具有較大的迴轉率 (slew rate) 和快速建立性能，您可以使用 OPA2810 放大器在輸入端將多個較低頻率訊號數位化。在供應電壓高於 ADC 的情況下使用高壓 JFET 輸入放大器，有助於利用 ADC 的全輸入動態範圍，以達到最佳的訊噪比和失真比 (SINAD)。

因此，如同 OPA2810 一般的 JFET 輸入放大器，具有高抗阻輸入、出色的失真性能、快速建立和寬範圍電源，可為上述不同的高速應用帶來諸多優勢。欲瞭解更多資訊，歡迎進一步瀏覽德州儀器的高抗阻輸入高速放大器系列產品，選擇最符合您應用需求的產品

其他資源

- 下載類比設計期刊文章，「放大器中的源極電阻和雜訊注意事項」。
- 閱讀部落格文章，「跨阻抗放大器須知 —PART I」
- 觀看培訓影片，「有關運算放大器 (op amp) 的雜訊、頻寬與穩定性」等超過 40 部培訓影片。
- 查看德州儀器高速放大器，取得更多技術資源。CTA

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩内容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>