

如何利用 Over-The-Top 放大器防止類比前端過壓

■作者：Hakan Uenlue / ADI 資深現場應用工程師

簡介

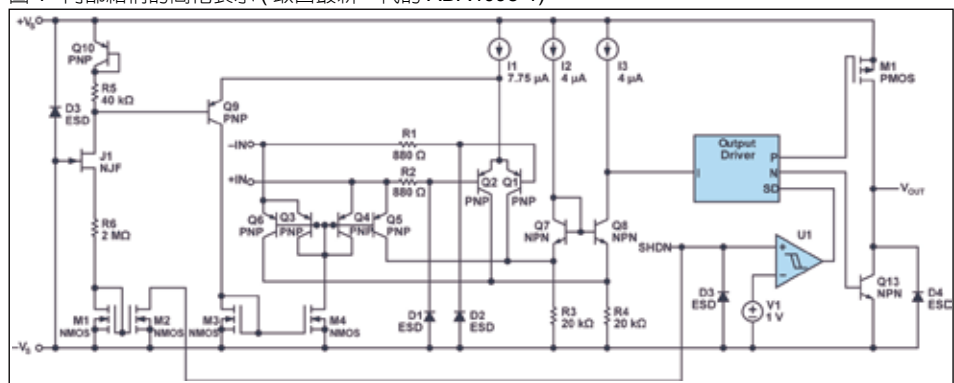
在工業應用中，可能出現的高壓情況一直是個令人擔心的問題。尋找防護之道將持續是開發人員的一項重要任務。本文所述的設計技巧便說明開發人員可利用 Over-The-Top (OTT) 放大器來實現這一個目標。

即使是工業應用，有時也會遇到高於系統電源的電壓。其電位儘管不如汽車電子等應用那麼高，但常常高於通常的系統電壓。對於許多運算放大器來說，某些系統電壓甚至可能過高。這為類比前端 (AFE) 帶來了巨大挑戰。例如，較高的電壓會使典型放大器的內部輸入二極體導通。這種狀態存在的時間越長，發生故障甚至失效的可能性就越大。開發人員可以採取相應的預防措施，例如，使用額外的二極體或電阻的外部保護電路。然而，這些額外的元件會佔用電路板上的空間，並且存在漏電流、增加輸入電容和雜訊等缺點。因此，採用 Over-The-Top 技術的整合 IC 解決方案是非常好的選擇。

Over-The-Top 的工作原理

為了簡化說明，可以看看最新一代 ADA4098-1 或 ADA4099-1 的內部結構。這些 OTT 運算放大器各有兩個輸入級。第一級是共發射極差分放大級，由 PNP 電晶體組成，適用於負電源 ($-V_S$) 至比正電源 ($+V_S$) 低約 1.25 V 的輸入訊號。第二級是由更

圖 1：內部結構的簡化表示 (取自最新一代的 ADA4098-1)



多 PNP 電晶體組成共基極輸入級，適用於輸入訊號的共模電壓從 $+V_S - 1.25\text{ V}$ 開始或更高。內部電路的示例如圖 1 所示。第一級使用電晶體 Q1 和 Q2 來設計，而第二級使用電晶體 Q3 至 Q6 來設計。

因此，這些輸入級提供兩個不同但互補的工作範圍。兩個輸入級的失調電壓經過嚴格調整，並已在資料手冊中提供。

當輸入的共模電壓接近 $+V_S$ 時，第二級被啟動，運算放大器隨即處於 Over-The-Top 模式。這可能是各種應用中的過壓情況。例如，對於高端電流測量，由於寄生效應或負載相關效應，輸入電壓可能暫態會超過系統電源電位。典型放大器允許輸入訊號的電壓最高達到電源電壓軌。如果輸入遠超過此範圍，內部二極體通常會導通，大量電流會流過其中。根據訊號電壓和電流，這些尖峰可能會瞬間中斷放大器的運行，在最壞的情況下甚至會導致積體電路失效。

與典型運算放大器不同，當發生此類問題時，OTT 放大器可以承受高達 80 V 的差動輸入電壓。在這種狀態下，輸出位準飽和至正電源電壓 ($+V_S$)。

輸出在此狀態下仍有能力灌入或輸出資料手冊內標稱的極限電流。一旦輸入回到正常工作範圍 ($-V_S$ 至 $+V_S$)，輸出位準也會回到正常的線性範圍，而不會損害或降低直流精度。對於高達 70 V 的共模電壓，情況類似。

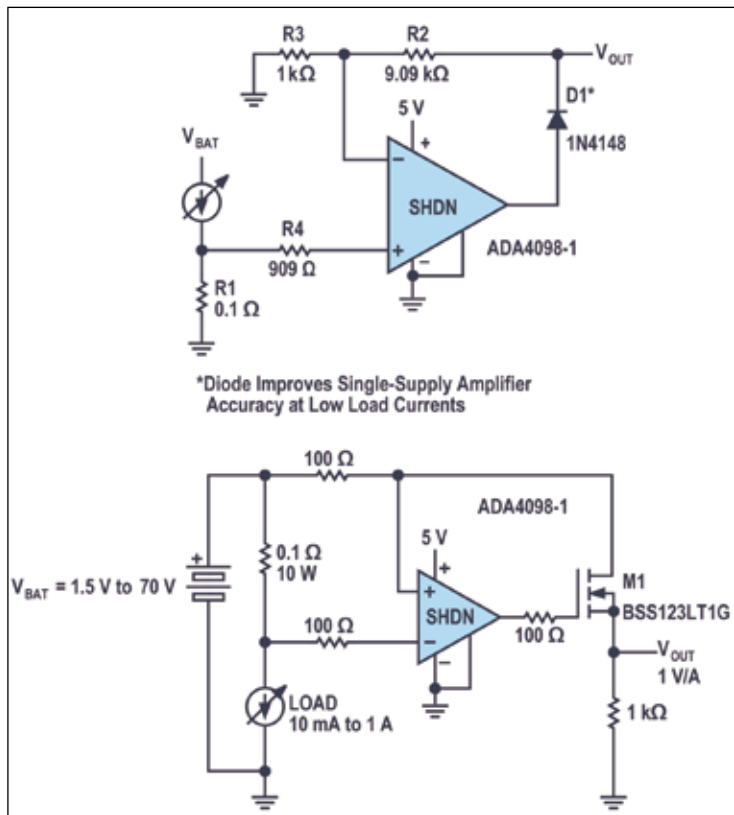
採用 OTT 技術的放大器的應用示例和技巧

圖 2 提供了一些電流測量示例。ADA4098-1 是低功耗版本，而 ADA4099-1 具有更高的頻寬和更高的電壓上升速率。

在低邊測量中，增益來自電阻 R2 和 R3。二極體 D1 可改善低負載電流下的單電源系統的測量精度。

在高邊電流測量中，1 k Ω Vout 端接地的電阻和 100 Ω (頂部連接) 運放同相端的電阻對增益起決定作用 (0.1 Ω 與 100 Ω 分流比例決定增益，1k 電阻則將電流轉換為電壓)。放大器輸入端的電阻提供濾波等功能。在這種情況下，1% 精度電阻將是比較好

圖 2: 採用 ADA4098-1 的電流測量示例。



的選擇。運放的輸入偏置電流可能會影響通過這些電阻的壓降，而 1% 之類的小容差將有助於大幅減小此處的壓降範圍。

ADA4098-1 的輸出在空載情況下具有軌到軌擺幅 (兩個電源軌分別減去 45 mV 的範圍內)。輸出可以提供 24 mA 的源電流和 35 mA 的阱電流。該放大器具有內部補償機制，可以驅動 200 pF (最小值) 的負載電容。在輸出端和較高容性負載之間可以插入一個 50 Ω 串聯電阻，以擴展放大器的容性負載驅動能力。

如果輸出 V_{OUT} 驅動一個電位較低的電路，並且該負載電路擁有自身電壓軌的保護二極體，則在 V_{OUT} 處放置一個電阻是有意義的。這將限制可能流向負載電路的電流。

ADA4098-1 有一個專用的 SHDN 接腳，當該接腳置為高位準時，放大器將被置於功耗非常低的關斷狀態。邏輯高位準定義為參考 $-V_S$ 電位，施加上到 SHDN 接腳的電壓 $\geq 1.5 V$ 加 $-V_S$ 。 V_{OUT} 接腳隨後處於高阻態。有一種替代方法，透過移除正電源

可以將放大器置於低功耗狀態。在這兩種關斷模式下，OTT 仍處於活動狀態，可以將比 $-V_S$ 最高超過 70 V 的電壓施加到輸入接腳。

除了電流或功率測量之外，OTT 放大器的其他用途有用於感測器前端或 4 mA 至 20 mA 電流環。詳細資訊、更多應用示例和計算可在資料手冊中找到。

結論

本文說明了 Over-The-Top 放大器如何提供過壓保護。憑藉智慧精密的內部電路，Over-The-Top 放大器將可同時提供穩固性和準確性。

ADI 的第五代 OTT 放大器讓最新過壓保護技術從實驗室走向實際的電路設計。ADA4098-1 和 ADA4099-1 等 OTT 運算放大器不僅能承受遠高於電源軌的電壓，而且實現了更低的失調誤差和雜訊值。 **CTA**