

結論

基於功能性、可攜性和方便性等原因，許多新興電子應用如無線感測器、健身追蹤器、增強現實眼鏡、無人機、機器

人等，均採用電池供電。鋰電池等高能電池已經將電池安全性的問題帶入公眾視野，本文介紹的熱插拔控制器為特別重視節能應用中的熱插拔和電池保護

提供一款簡單、精小和堅固的微功率解決方案，從而可避免系統遭受電池深度放電、輸出超載或短路、過壓和電池反接的損壞。 EDN

# 使用銅對大電流測量進行溫度補償

作者：Jerry Steele/安森美半導體(ON Semiconductor)

利用電纜上的電壓降便可測量長電纜中流動的大電流，而無需龐大的分流器或昂貴的磁測量方法。但是銅的溫度係數(溫度補償係數)為+0.39%/°C，限制了測量精確度。

溫度感測器可以做出補償，但僅限於點測量裝置，其相關性可能會因電纜長度出現問題。要考慮到2.5°C的電纜溫度誤差或差異會引起1%的誤差。

如果在最大電流下至少有10mV的壓降，則可用現代零漂移放大器(自動歸零、斬波器等)輕鬆測量。這些放大器提供超低偏移性能，可以精確感測滿量程低壓降。

剩下的就是如何處理溫度係數。本設計實例提出的解決方案利用了大



圖2：測試裝備。由於感測線長度影響絕對精度，因此將其連接到電路板的兩根灰色電線為較重規格。

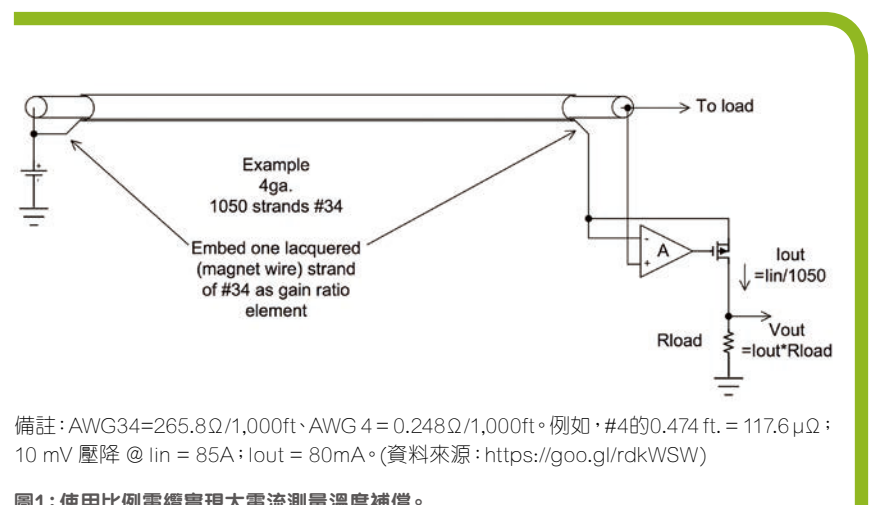


圖1：使用比例電纜實現大電流測量溫度補償。

電流電纜是由許多細股組成的這一事實，示例中的AWG 4電纜包含1,050股AWG 34線。

在圖1中，運算放大器非反相輸入檢測電纜負載端的電纜壓降。MOSFET處於輸出/回饋路徑中，這一路徑透過溫度感測線(通常是用於設置增益的電阻)，在電源處結束，電路迫使該增益設置元件出現壓降，且壓降正好等於主電纜壓降。這種情況下，增益設置元件是嵌入在定制絕緣電纜元件(包括大電流電纜)內的34號標準規格線的單股絕緣線(包漆，如電磁線)。

由於電纜由1,050股線組成，電流會流入MOSFET和增益元件，正比於總電流除以1,050。增益元件和電纜均由銅構成，並且處於緊密的熱接觸中，抵消了輸出隨溫度的變化。

回饋電流流出MOSFET漏極，通過R<sub>Load</sub>接地，提供接地參考輸出電壓。

線股解決了其他溫度感測器的兩個主要問題：

1. 導線是跨越整個電纜的「分散式」感測器，能更好地感測整體溫度情況；
2. 導線和主電纜一樣為銅材料，可實現完美的溫度補償。

### 實際測試

使用四英尺長的JSC 1666 AWG 4電纜進行測試，沿電纜長度方向切開絕緣層，將34號標準規格電磁線插入絕緣層。電路中使用了NCS333運算放大器，由於運算放大器共模電壓與其供電軌相等，因此必須具有軌到軌輸入能力(或使用更高的電源)。此外，

AWG	Bare Copper				Area Circ. Mils NOM	Recom. Winding Tension (grams)	Single Build		
	Diameter (inches)		Resistance* (ohms/1000 ft)				Min Increase (inches)	Overall Dia. (inches)	
	NOM	MIN MAX	NOM	MIN MAX				NOM	MIN MAX
34	.0063	.0062 .0064	261.3	253.2 269.8	39.69	182	.0005	.0069	.0069 .0072
35	.0056	.0055 .0057	330.7	319.2 342.8	31.36	147	.0004	.0062	.0059 .0064
36	.0050	.0049 .0051	414.8	398.7 431.9	25.00	120	.0004	.0055	.0053 .0058
37	.0045	.0044 .0046	512.1	490.1 535.7	20.25	100	.0003	.0050	.0047 .0052
38	.0040	.0039 .0041	648.2	617.0 681.9	16.00	81	.0003	.0044	.0042 .0047
39	.0035	.0034 .0036	846.6	800.2 897.1	12.25	64	.0002	.0039	.0036 .0041
40	.0031	.0030 .0032	1079.2	1079.2 1152.3	9.61	52	.0002	.0034	.0032 .0037
41	.0028	.0027 .0029	1322.8	1322.8 1422.6	7.84	42	.0002	.0031	.0029 .0033
42	.0025	.0024 .0026	1659.4	1659.4 1800.5	6.25	34	.0002	.0028	.0026 .0030
43	.0022	.0021 .0023	2142.8	2592.8 2351.7	4.84	26	.0002	.0024	.0023 .0026
44	.0020	.0019 .0021	2592.8	2351.7 2872.9	4.00	22	.0001	.0022	.0020 .0024

圖3：電線數據。(資料來源：weicowire.com)

它應該是零漂移(斬波器)放大器，因為標準軌到軌運算放大器在正軌附近的性能通常較差。

### 測量值

R<sub>Load</sub> = 50 Ω 1%；  
空載時，V<sub>out</sub> 讀數為94μV；  
10A負載下，V<sub>out</sub> = 454.6 mV(5.85%誤差)；  
58A負載下，V<sub>out</sub> = 2.604V(5.7%誤差)。

將測試裝備放入溫控櫃中，在室溫至100°C溫度範圍內進行測試，顯示的附加誤差小於0.1%。有幾個因素可能會導致該誤差，例如運算放大器偏移漂移，以及電纜終端的電阻和熱電偶效應。

### 造成誤差的電線公差

為了瞭解實際電纜結果會怎樣，圖3列出了以下電線資料，顯示34號標準規格電線有2%的公差，人們會認為4號標準規格電線的整體公差也差不多，

這顯示根據標準公差製造的商業電線僅僅因為電纜本身的原因，就會產生4%的精確度限制。電子設備還有其他一些限制因素也會影響精確度，不過用戶當然會進行調整，或者與使用的電纜匹配。

最後需要注意的是，製造實現此功能的電纜似乎很麻煩。

這個根式概念是由OEM提出，目的是讓OEM可以指定包含一股漆包線的定制電纜作為增益電阻，電動和混合動力汽車有許多大電流電纜，OEM可以利用這一特點消除大的分流。這種方法提供的精確度和溫度性能，相對磁感測來說確實具有競爭力，而且成本較低，特別是在OEM量產的情況下。

在小批量的情況下，可將感測線包裹或捆紮在電纜外側，仍會具備分散式溫度感測的優點。由於電纜絕緣，在耦合更弱且實際電纜銅溫度的時間常數更長的情況下，感測對環境溫度更為敏感。 EDN