

分流电阻、高性能运算放大器、齐纳二极管

# 低边电流检测电路设计 Rev.005

在汽车和工业设备领域，低边电流检测电路被用于电流(电压)控制、过流限制、电池余量检测等功能。通过分流电阻以及运算放大器和外置元件实现的低边电流检测电路，与其他方式相比最简单，能够低成本地嵌入。此应用手册中，将解说低边电流检测电路中的元件选定和电路常数的决定方针。

## 低边电流检测电路

Figure 1 中显示了普通的低边检测电路。负载(LOAD)产生的负载电流( $I_{LOAD}$ )通过分流电阻( $R_{SHUNT}$ )，产生 $\Delta V_{SHUNT}$ 的电压。该电压由运算放大器(OPAMP)差动增幅，与后段的 AD 转换器和微计算机等连接，测量电流值，用于系统控制。

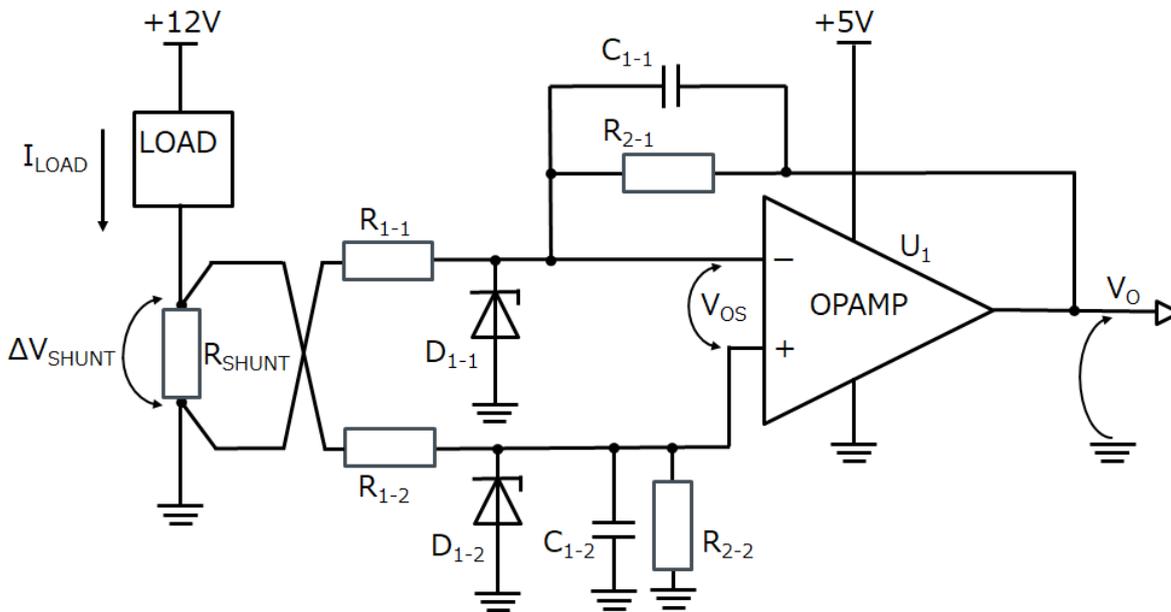


Figure 1. 普通的低边电流检测电路

Figure 1 的各符号如下所示。

OPAMP: 运算放大器

LOAD: 负载

$I_{LOAD}$ : 监视电流

$R_{SHUNT}$ : 分流电阻

$V_{OS}$ : 运算放大器的输入偏移电压

$\Delta V_{SHUNT}$ : 在分流电阻两端产生的电压

$R_{1-1}=R_{1-2}=R_1$ 、 $R_{2-1}=R_{2-2}=R_2$ : 增益设定用电阻

$C_{1-1}=C_{1-2}=C_1$ : 滤波用电容

$D_{1-1}$ 、 $D_{1-2}$ : 运算放大器的输入保护用齐纳二极管

在没有运算放大器的输入偏移电压的情况下，Figure 1 的电路由以下公式表示：

$$V_O = I_{LOAD} \times R_{SHUNT} \times \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \quad [V] \quad \dots (1)$$

在实际电路中，运算放大器的输入偏移电压、分流电阻的阻值公差、增益设定用电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的相对公差都会影响电流检测精度。这些加在一起时的输出电压  $V_{O'}$ ，用以下公式表示。

$$V_{O'} = \left[ I_{LOAD} \times R_{SHUNT}' \times \left(\frac{R_2'}{R_1'}\right) \right] + \left[ V_{OS} \times \left(\frac{R_1'+R_2'}{R_1'}\right) \right] \quad [V] \quad \dots (2)$$

其中， $R_{SHUNT}'$ 、 $R_1'$ 、 $R_2'$  分别是包含公差的值。运算放大器的输入偏移电压  $V_{OS}$  为了计算方便，仅用 + 方向表示。

另外，此电流上所能实现的电流检测精度  $E_{rr}$  由以下公式表示。

$$E_{rr} = \frac{V_{O'} - V_O}{V_O} \times 100 \quad [%] \quad \dots (3)$$

## 电路设定值的确定方法

根据这些公式，说明元件选定和电路设定值的确定方法。首先作为装置的要求规格，决定以下的项目。

电流检测范围： $I_{LOADmin} \sim I_{LOADmax}$  [A]

电流检测精度： $E_{rr}$  [%]

电流检测频率： $f_{sense}$  [Hz]

电流检测频率表示的是对于电流的变化可以以多快的速度测量。检测电流的速度慢的情况下，不能跟踪负载电流的变化而不能正确测量。另一方面，如果检测电流的速度过快，就会测量到噪声等，无法正确测量。需要设计与想要测量的电流的时间转变相匹配的检测频率。

在分流电阻两端产生的电压的最大值： $\Delta V_{SHUNTmax}$  [V]

分流电阻  $R_{SHUNT}$  所产生的电压值  $\Delta V_{SHUNT}$  越大电流检测精度就越好(参考补充 1)。

但是，低边电流检测方式中， $\Delta V_{SHUNT}$  是在负载和接地之间产生的，有时会出现接地电压上升的状态，负载电路工作变得不稳定。

运算放大器的最大输出电压： $V_{Omax}$  [V]

根据运算放大器能够输出的最大电压和后段的 AD 转换器等能够输入的电压范围的平衡来决定规格。

确定规格后，按照下一页的步骤进行元件选择和设定值计算。

### Step 1: 分流电阻的选定

分流电阻值由公式(4)根据先前确定的装置的要求求出。另外，由于分流电阻会有大电流流过，所以也需要注意分流电压要在额定范围内使用，但是也要考虑到分流电阻发热对周围的影响，推荐选择具有充分余量的额定功率容量的分流电阻。额定功率由公式(5)求出。选择满足这些条件的分路电阻。

$$\text{分流电阻值} \quad R_{SHUNT} = \frac{\Delta V_{SHUNTmax}}{I_{LOADmax}} \quad [\Omega] \quad \dots (4)$$

$$\text{分流电阻额定功率} \quad P_{SHUNT} \geq \Delta V_{SHUNT} \times I_{LOADmax} \quad [W] \quad \dots (5)$$

### Step 2: 增益设定用电阻的设计

信号增益由公式(6)表示，只要确定  $R_1$ 、 $R_2$  中的一个，就可以求出另一个的电阻值。

$$\text{增益} = \frac{V_{Omax}}{\Delta V_{SHUNTmax}} \quad [V/V] \quad \dots (6)$$

$$= \frac{R_2}{R_1} \quad [V/V] \quad \dots (7)$$

### Step 3: 运算放大器的选定

选择运算放大器时需要注意以下项目。

- 偏移电压。从公式(1)、公式(2)、公式(3)中求出达成电流检测精度  $E_{rr}$  所需的运算放大器的偏移电压。
- 运算放大器的输入电压范围相对于  $\Delta V_{SHUNT}$  有余量。
- 运算放大器的输出电压范与后段系统(AD 转换器和微计算机等)的输入电压范围相匹配。
- 在系统可生成的电源电压下可操作。
- 运算放大器的频率是  $f_{sense}$  的 10 倍以上。

### Step 4: 频率特性的设计

频率特性一般确保在  $f_{sense}$  的 10 倍余量。根据差动增幅电路的频率来设计  $C_1$ 。

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \times f_{sense} \times 10 \times R_2} \quad [F] \quad \dots (8)$$

### Step 5: 其它周边电路

· 保护电路

在 Figure 1 中，假设了分流电阻的 OPEN 故障，配置了为了保护运算放大器的输入引脚过压的齐纳二极管。分流电阻 OPEN 的情况下，运算放大器的输入引脚，和施加在负载 (LOAD) 的电压相同，有可能最大施加 +12V，不过，为了不超过运算放大器的输入端子的额定电压，必须插入保护元件。

保护用电路根据想从什么状态保护什么，插入的保护电路、元件不同，请充分斟酌。

到此，Figure 1 的所有元件设计完成。

## 电路设定值的确认方法（设计示例）

根据上一章所述的元件选定、设定值设定方法，确定具体的元件选定和电路设定值。

[装置的要求规格]

电流检测范围  $I_{LOADmin} \sim I_{LOADmax} = 30A \sim 50A$

电流检测精度  $E_{rr} = 7\%$

电流检测频率  $f_{sense} = 1kHz$

由分流电阻产生的电压  $\Delta V_{SHUNTmax} = 50mV$

运算放大器的最大输出电压  $V_{Omax} = 3.3V$

### Step 1: 分流电阻的选定

将前面出现的公式(4)、(5)分别代入值，就可以决定分流电阻的规格。

$$\text{分流电阻值} \quad R_{SHUNT} = \frac{\Delta V_{SHUNTmax}}{I_{LOADmax}} = \frac{50m}{50} = 1 \quad [m\Omega]$$

$$\text{分流电阻额定功率} \quad P_{SHUNT} \geq \Delta V_{SHUNT} \times I_{LOADmax} = 50m \times 50 = 2.5 [W]$$

在这个例子中，我们从 ROHM 分流电阻中选择了最小的一种。

PSR100 1mΩ、额定功率 4W（140℃時）尺寸 6.4mm x 3.2mm

### Step 2: 增益设定用电阻的设计

根据前面出现的公式(6)、(7)决定增益和增益设定用电阻。设定  $R_1=2k\Omega$  と，计算  $R_2$ 。

$$\text{增益} = \frac{V_{Omax}}{\Delta V_{SHUNTmax}} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = R_1 \times \left( \frac{V_{Omax}}{\Delta V_{SHUNTmax}} \right) = 2k \times \frac{3.3}{50m} = 132k \quad [\Omega]$$

在利用外置电阻进行增益设定的电路中，需要考虑  $R_1$  和  $R_2$  的相对公差来决定增益。另外，为了减少元件数量，从 E24 系列选择 120kΩ。从 ROHM 制芯片电阻器中选择 MCR01/MCR03/MCR10/MCR18 系列。这些电阻值公差是 D 级 ±0.5%、温度特性是 ±50ppm/°C（100Ω~1MΩ时）。

### Step 3: 运算放大器的选定

为了达成电流检测精度  $E_{rr}$  7%以下所需要的运算放大器的偏移电压由公式(1)、(2)、(3)导出。将公式(1)、(2)代入公式(3)，变形求解  $V_{OS}$  的公式。 $R_1'$ 、 $R_2'$ 、 $R_{SHUNT}'$  中包含电阻值公差和电阻值温度特性。电流检测精度  $E_{rr}$  最大是以下条件，将它们代入求  $V_{OS}$ 。

$$R_1' = (\text{公差}) \times (\text{温度特性}) \times R_1 = (-0.5\%) \times (-50ppm/^\circ C) \times R_1$$

$$R_2' = (\text{公差}) \times (\text{温度特性}) \times R_2 = (+0.5\%) \times (+50ppm/^\circ C) \times R_2$$

$$R_{SHUNT}' = (\text{公差}) \times (\text{温度特性}) \times R_{SHUNT} = (+1\%) \times (+100ppm/^\circ C) \times R_{SHUNT}$$

$$V_{OS} \leq 847\mu \quad (T_A=125^\circ C \text{時}) \quad [V]$$

考虑到运算放大器所要求的其它特性，选择 ROHM 的 LMR1802G-LB。

(LMR1802G-LB 的电气特性及选择理由参照补充 2)。

## Step 4: 频率特性的设计

根据公式(8)，滤波用电容 C1 如下求出，从 E6 系列中选择 150pF。

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \times f_{sense} \times 10 \times R_2} = \frac{1}{2\pi \times 1k \times 10 \times 120k} = 133 \quad [\text{pF}]$$

## Step 5: 其它周边电路

选择的运算放大器 LMR1802G-LB 输入引脚电压的定额是 7V。另外，齐纳电压  $V_Z$  配合运算放大器的电源电压 +5V。假设分流电阻为 OPEN 的情况下，流过齐纳二极管的电流  $I_{ZD}$  按以下计算。

$$I_{ZD} = \frac{V_{in} - V_Z}{R_1} = \frac{12 - 5}{2k} = 3.5\text{mA} \quad [\text{A}]$$

满足齐纳电流 3.5mA 时齐纳电压在 5V 左右，

在 ROHM 产品中可选择 TDZV5.1/UDZV4.7B/EDZV4.7B/CDZV4.7B 等。

请在把握瞬态动作和各特性的基础上，选择最适合保护的元件。

这样，所有的元件和设定值都确定了，下面的电路就可以设计了。

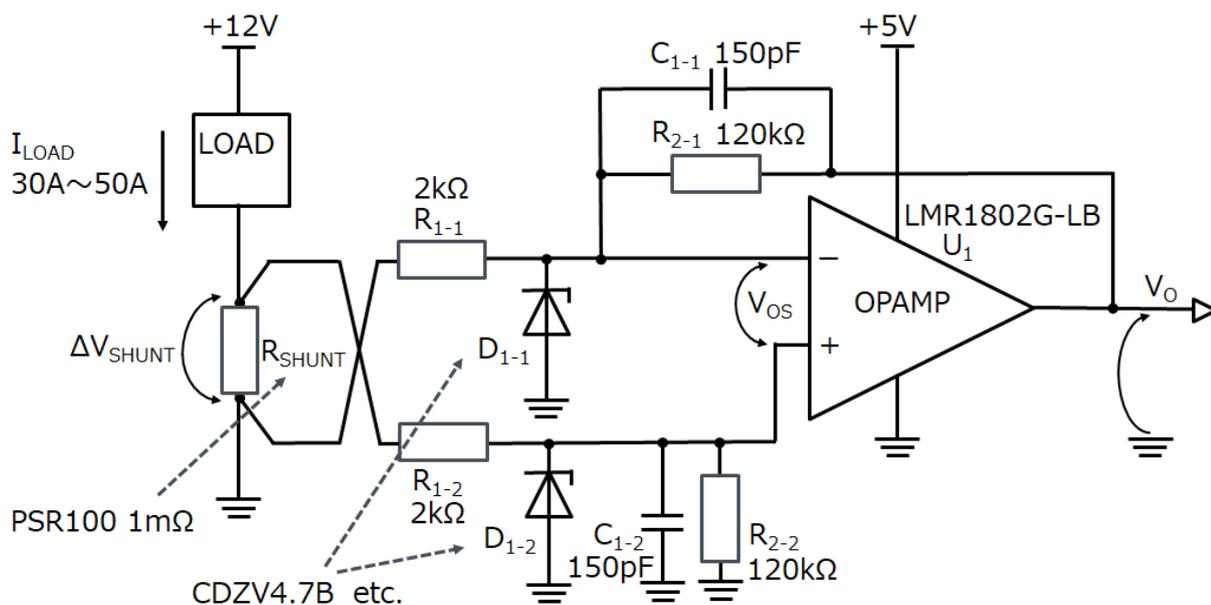


Figure 2. 满足设备要求的电路

## 所设计电路的元件表

記号	部品	製品品番
U1	运算放大器	<a href="#">LMR1802G-LB</a>
R <sub>SHUNT</sub>	电流检测用分流电阻	<a href="#">PSR100 1mΩ</a>
D <sub>1-1</sub> , D <sub>1-2</sub>	运算放大器输入引脚保护用齐纳二极管	<a href="#">TDZV5.1</a> / <a href="#">UDZV4.7B</a> / <a href="#">EDZV4.7B</a> / <a href="#">CDZV4.7B</a> 等
R <sub>1-1</sub> , R <sub>1-2</sub>	增益设定用电阻	<a href="#">MCR01/03/10/18 系列</a> 2kΩ D级(±0.5%)
R <sub>2-1</sub> , R <sub>2-2</sub>	增益设定用电阻	<a href="#">MCR01/03/10/18 系列</a> 120kΩ D级(±0.5%)
C <sub>1-1</sub> , C <sub>1-2</sub>	频率特性用电容	150pF

\* 各元件的详细规格，请参照主页上的 Data Sheet。

Table 1. 所设计电路的元件表

## 所设计电路的电流检测精度和其他特性

验证电流检测精度。考虑到输入偏移电压和各元件的公差，确认电流检测精度 Err 满足要求的 7%。运算放大器的输入偏移电压，电阻公差，温度特性在 Table 2 的条件下，确认电流检测精度 Err。

条件	输入偏移电压 $V_{OS}$ (LMR1802G-LB)	分流电阻值 $R_{SHUNT}$ (PSR100)	增益设定用 电阻 $R_1, R_2$
(1)Typ 条件	Typ = $5\mu V$	Typ 值	Typ 值
(2)仅偏移电压最大 ( $T_A=25^\circ C$ )	最大 $450\mu V$ ( $T_A=25^\circ C$ )	Typ 值	Typ 值
(3)最大偏移电压·电阻值公差( $T_A=25^\circ C$ )	最大 $450\mu V$ ( $T_A=25^\circ C$ )	F 级( $\pm 1\%$ )	D 级( $\pm 0.5\%$ )
(4)最大偏移电压·电阻值公差( $T_A=125^\circ C$ )	最大 $500\mu V$ ( $T_A=125^\circ C$ )	F 级( $\pm 1\%$ ) +100ppm/ $^\circ C$	D 级( $\pm 0.5\%$ ) $\pm 50ppm/^\circ C$

\* 在温度特性中，没有加入因自身发热而引起的温度上升。在实机中元器件发热的情况下，需要注意。

Table 2. Figure 3 的图表的计算条件

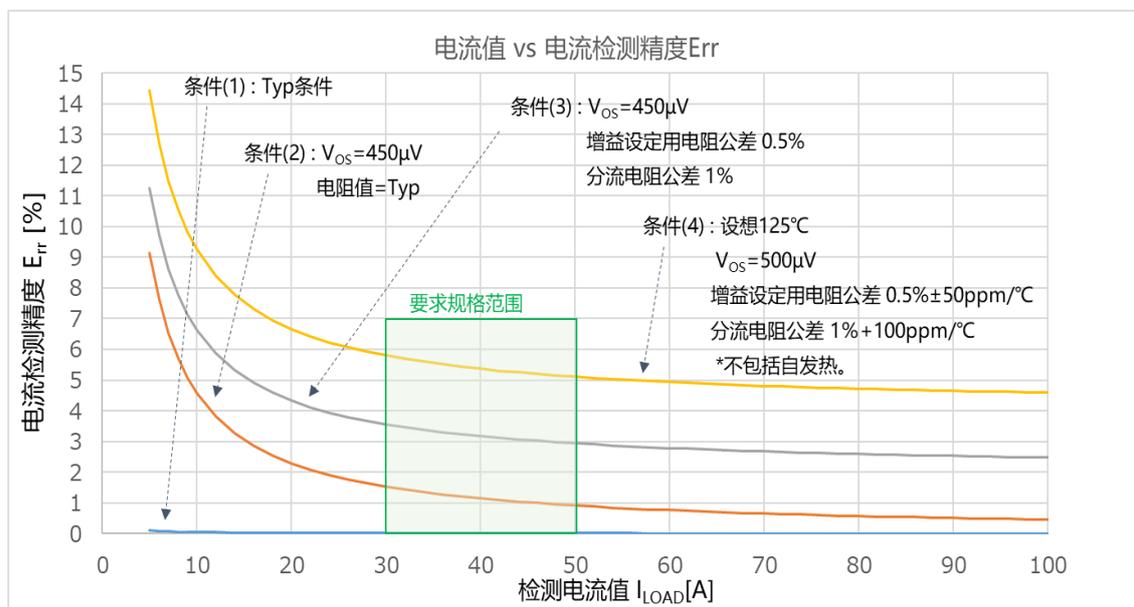


Figure 3. 所设计电路的 电流检测精度 vs 检测电流值

作为设定规格， $I_{LOAD}=30A \sim 50A$ ，电流检测精度为 7%。

其他特性按以下计算，知道电路设计满足要求规格。

输出最大电压  $V_{Omax} = 3.153V$  (条件(4)时)  $\leq 3.3V$

频率特性  $f_{sense} = 8.85kHz$  (相对实际使用频率 1kHz，确保了 8.85 倍。)

## 通过 ROHM Solution Simulator(免费的在线式仿真器)进行特性确认

可以使用「[ROHM Solution Simulator](#)」进行电路仿真。可以对电路参数发生变化时的各种特性进行仿真，易于实现与应用最匹配的电路设计和验证。

### Operational Amplifier / Current Sensing

DC Sweep Simulation

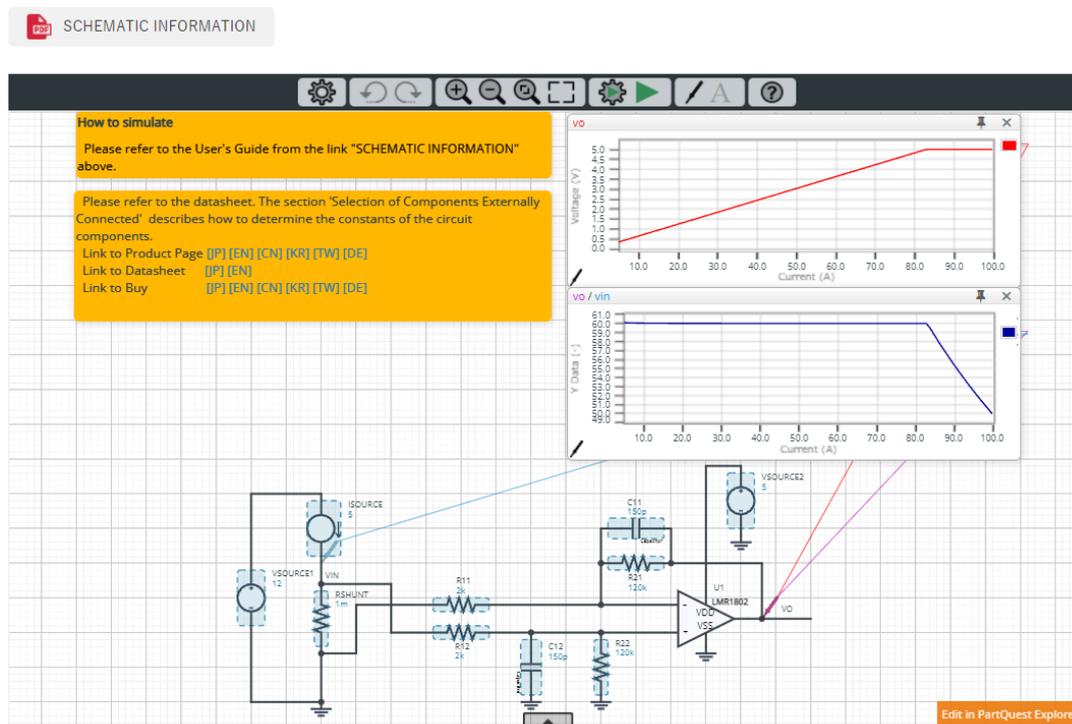


Figure 4. ROHM Solution Simulator 的仿真电路举例

对于低边电流检测电路，基于不同的仿真项目准备了以下电路。

- [DC Sweep 电路](#) : 对希望检测的电流进行 DC Sweep，可以确认输出电压和运算放大器设置的增益。
- [DC Sweep 电路\(带偏置\)](#) : 模拟加入运算放大器的输入偏置电压，可以确认输入偏置电压的影响。
- [Transient Response 电路](#) : 以脉冲形式施加希望检测的电流，可以确认输出电压的响应特性。
- [Frequency Response 电路](#) : 可以从输入端子确认输出电压的频率特性。

\*对于仿真的详细内容，请参考各个仿真电路网页中的 Schematic Information 。

\*访问 ROHM Solution Simulator 需要通过 MY ROHM 账号进行登录。

请注册 MY ROHM 账号。

## 基板发热状况的评价

在使用了分流电阻器以及运算放大器和外围器件的低边电流检测电路中，分流电阻器会产生热量，因此基板设计也非常重要。下文展示了实际基板的发热状况评估和实施仿真的结果。评估相关的具体电路、基板布局、评估数据的详情，请参照参考设计 [REFSENS002]。

实验条件：检测电流 100A  
分流电阻器 PSR400 2mΩ 4 并联 (0.5mΩ)

基板布局：布局的概要请参照参考设计[REFSENE002]。

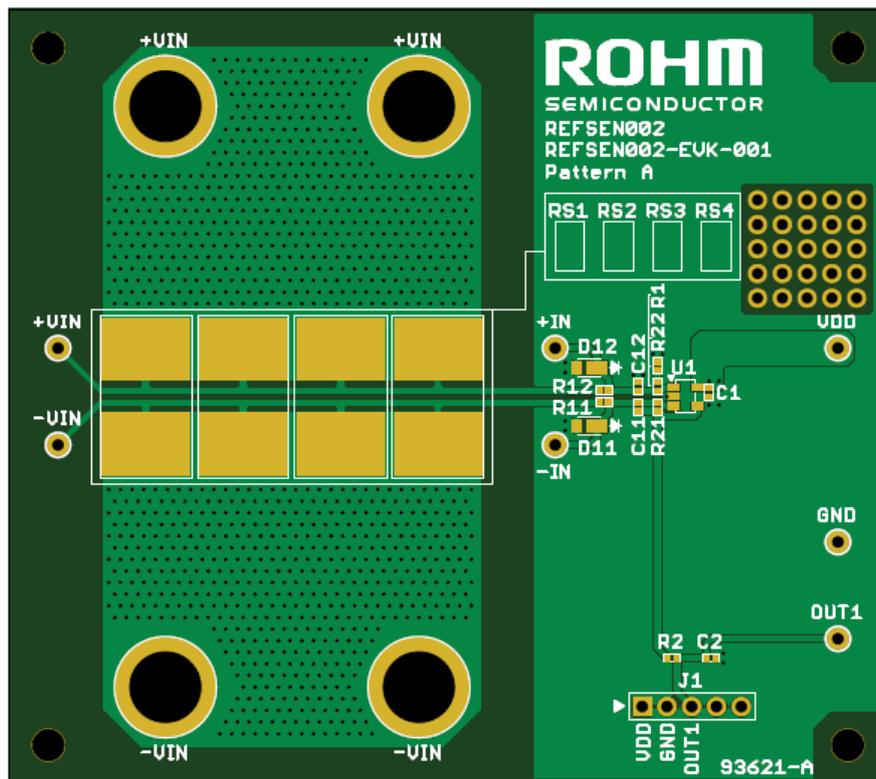
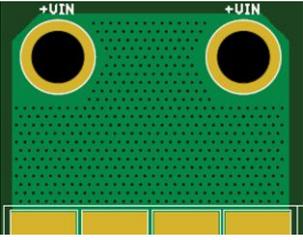
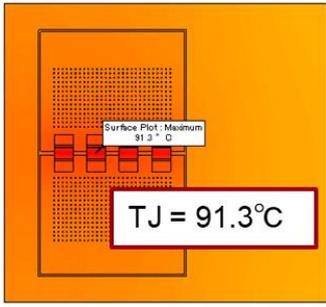
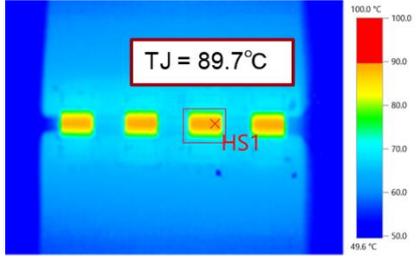
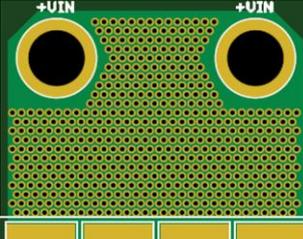
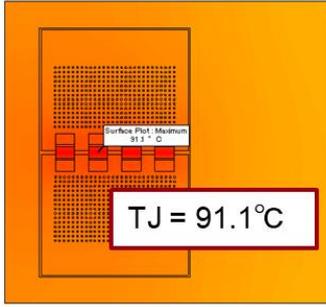
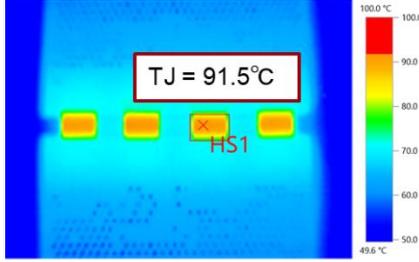
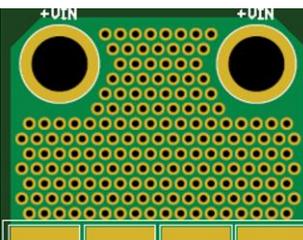
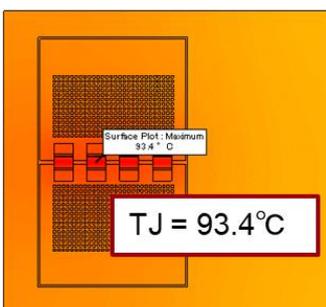
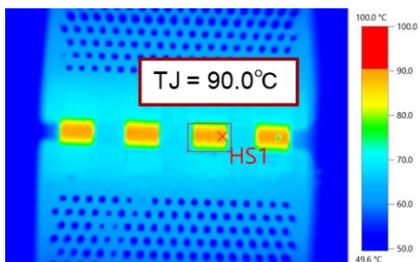
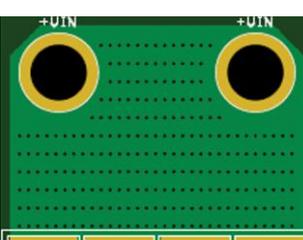
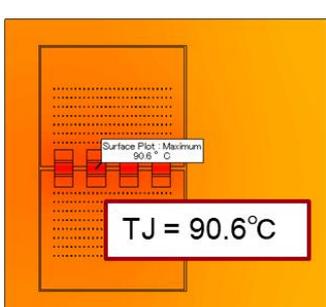
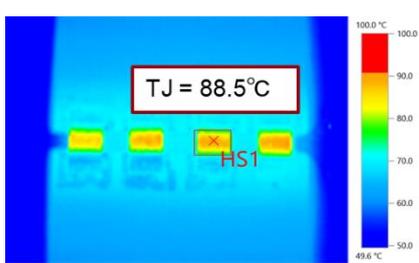
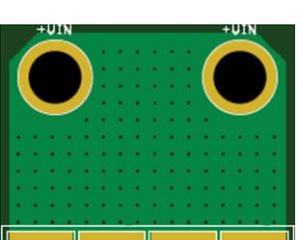
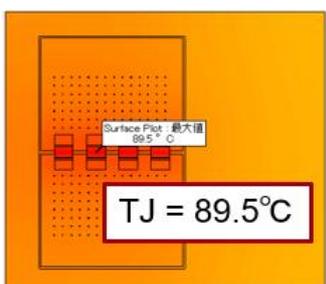


Figure 5. 100A 电流检测参考设计 (REFSENS002) 基板外观图

实验内容：固定分流电阻器部分基板的宽度和长度，通过用于散热的VIA直径、VIA配置来实施发热状况的对比。

实验结果：Table 3. 的基板实测结果显示，散热用的VIA配置“VIA直径： $\varnothing 0.3\text{mm}$ ，左右间距1.2mm，上下间距2.4mm”发热量最少。另外，虽然未实施实测，但热仿真结果显示“VIA直径： $\varnothing 0.3\text{mm}$ ，上下左右间距2.4mm”为最低发热量，因此大电流路径散热用VIA需要适当的直径和配置设计。热仿真和实测倾向于高精度一致，在对发热要求严格的应用的基板设计中，灵活运用热仿真，可以说是有利于消减基板设计工时的设计方法。

Table 3. 不同散热用 VIA 的仿真与基板实测

基板配线/VIA	热仿真 (100A)	基板实测 (100A)
 <p>VIA 直径:φ0.3mm 配置: 上下左右间距 1.2mm</p>	 <p>Surface Plot - Maximum 91.3 °C TJ = 91.3°C</p>	 <p>TJ = 89.7°C H51 (与仿真结果的差异-1.8%)</p>
 <p>VIA 直径:φ0.5mm 配置: 上下左右 间距 1.2mm</p>	 <p>Surface Plot - Maximum 91.1 °C TJ = 91.1°C</p>	 <p>TJ = 91.5°C H51 (与仿真结果的差异+0.44%)</p>
 <p>VIA 直径: φ0.8mm 配置: 上下左右间距 1.2mm</p>	 <p>Surface Plot - Maximum 93.4 °C TJ = 93.4°C</p>	 <p>TJ = 90.0°C H51 (与仿真结果的差异-3.6%)</p>
 <p>VIA 直径: φ0.3mm 配置: 左右间距 1.2mm、上下间距 2.4mm</p>	 <p>Surface Plot - Maximum 90.6 °C TJ = 90.6°C</p>	 <p>TJ = 88.5°C H51 (与仿真结果的差异-2.3%)</p>
 <p>VIA 直径: φ0.3mm 配置: 上下左右间距 2.4mm</p>	 <p>Surface Plot - 最大値 89.5 °C TJ = 89.5°C</p>	<p>- (未实施实测)</p>

## 总结

关于使用分流电阻、运算放大器和外置元件的低边电流检测电路，介绍了电路设定值的确定方法和元件的选择方法。

ROHM 的分流电阻，高性能运算放大器都产品化，能对应各种应用的要求规格。这个应用手册中列举的产品和产品线，相关的应用手册请确认以下内容。

本应用笔记中所记载的电流检测精度的计算方法，没有包含运算放大器的噪声特性和 CMRR 特性所带来的误差，当需要进行更加准确的高精度计算时，请考虑上述的影响。

< Rev.005 补记 >

实施了实际基板的发热状况评估，结果表明通过调整散热用 VIA 的种类和间距可以降低发热。也提及了利用热仿真可以减少基板设计工时的可能性。

本应用笔记本在电流检测电路中使用了运算放大器，罗姆也拥有内置增益电阻的电流传感器产品。根据所要求的电流检测精度、基板尺寸、价格等的不同，选择丰富多彩。

### [参考文献]

[分流电阻器记者发表: 大功率分流电阻器产品阵容进一步扩大, 助力大功率应用小型化](#)  
[应用笔记: 运算放大器、比较器的基础 \(Tutorial\)](#)

### [相关应用手册]

分流电阻：[PCB 设计对电阻温度系数的影响](#)  
[抑制分流电阻器的表面温升的方法](#)  
热设计：[何谓热设计](#)  
[热阻和散热的基础](#)

### [相关产品]

分流电阻 [分流电阻器的产品线](#)  
高性能运算放大器 [高性能运算放大器的产品线](#)  
二极管 [齐纳二极管的产品线](#)  
电流传感器 [电流传感器的产品线](#)

### [相关参考设计]

REFSENS002 [~100A 分流电阻器与运算放大器 电流检测参考设计](#)  
REFSENS003 [~30A 分流电阻器与运算放大器 电流检测参考设计](#)

### [修订历史]

2021 年 6 月	Rev.001	草稿
2021 年 7 月	Rev.002/003	错字修订
2021 年 10 月	Rev.004	增添线上仿真链接
2023 年 1 月	Rev.005	增添基板发热实验结果

## 补充 1

由分流电阻  $R_{SHUNT}$  所产生的电压值  $\Delta V_{SHUNT}$  越大，电流检测精度越好的原因

由(2)公式可以看出，电流检测精度是根据分流电阻所产生的电压  $\Delta V_{SHUNT}$  和运算放大器的输入偏移电压  $V_{OS}$  而变化的。通过选择小的运算放大器的输入偏移电压，可以提高检测精度，但是考虑成本和特性的平衡来设计。

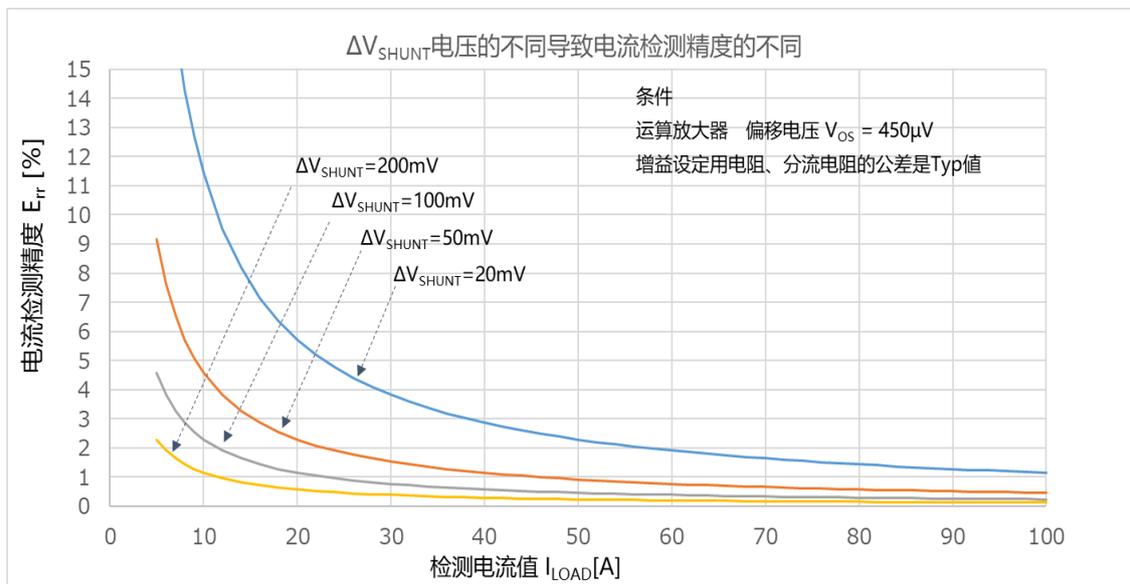


Figure 6.  $\Delta V_{SHUNT}$  电压差异对电流检测精度的影响

## 补充 2

运算放大器 LMR1802G-LB 的电气特性及选择本产品的理由

LMR1802G-LB 的主要特性和要求规格的讨论结果如下所示。

主要项目	规格	讨论结果
电源电压范围	2.5V ~ 5.5V	3.3V 系、5V 系可使用。
输出电压范围	$V_{OH} = V_{DD} - V_{OUT}$ 最大 50mV $V_{OL}$ 最大 50mV	如果后段 AD 转换器等输入电压范围设定为 4V 左右，使用 5V 系列，电路可设计为 $V_O < 4V$ 。
输入电压范围	同相输入电压范围 $V_{SS} \sim V_{DD} - 1.0V$	正常工作时，输入电压只要上升到 $\Delta V_{SHUNT}$ 水平，所以没有问题。
输入偏移电压	$T_A = 25^\circ C$ Typ = $5\mu V$ 整个温度范围的最大 $500\mu V$	满足作为运算放大器所需的偏移电压规格。

\*LMR1802G-LB 的详细规格请参照 Data Sheet。

Table 4. 运算放大器 LMR1802G-LB 的概要和讨论结果

在全温度范围内满足输入偏移电压的要求是不言自明的，偏移电压的温度漂移小 ( $0.4\mu V/^\circ C$ ) 也是选择的理由。在功率类应用中，不仅用分流电阻发热，也有周边电路 (switching transistor 等) 发热的可能性，也要考虑到周边温度环境不好的情况。另外，增益设定比较大的情况下，输入换算噪声电压也作为误差出现。LMR1802G-LB 实现了业界顶级的低噪声，是使用方便的产品。

## Notes

- 1) The information contained herein is subject to change without notice.
- 2) Before you use our Products, please contact our sales representative and verify the latest specifications :
- 3) Although ROHM is continuously working to improve product reliability and quality, semiconductors can break down and malfunction due to various factors.  
Therefore, in order to prevent personal injury or fire arising from failure, please take safety measures such as complying with the derating characteristics, implementing redundant and fire prevention designs, and utilizing backups and fail-safe procedures. ROHM shall have no responsibility for any damages arising out of the use of our Products beyond the rating specified by ROHM.
- 4) Examples of application circuits, circuit constants and any other information contained herein are provided only to illustrate the standard usage and operations of the Products. The peripheral conditions must be taken into account when designing circuits for mass production.
- 5) The technical information specified herein is intended only to show the typical functions of and examples of application circuits for the Products. ROHM does not grant you, explicitly or implicitly, any license to use or exercise intellectual property or other rights held by ROHM or any other parties. ROHM shall have no responsibility whatsoever for any dispute arising out of the use of such technical information.
- 6) The Products specified in this document are not designed to be radiation tolerant.
- 7) For use of our Products in applications requiring a high degree of reliability (as exemplified below), please contact and consult with a ROHM representative : transportation equipment (i.e. cars, ships, trains), primary communication equipment, traffic lights, fire/crime prevention, safety equipment, medical systems, servers, solar cells, and power transmission systems.
- 8) Do not use our Products in applications requiring extremely high reliability, such as aerospace equipment, nuclear power control systems, and submarine repeaters.
- 9) ROHM shall have no responsibility for any damages or injury arising from non-compliance with the recommended usage conditions and specifications contained herein.
- 10) ROHM has used reasonable care to ensure the accuracy of the information contained in this document. However, ROHM does not warrants that such information is error-free, and ROHM shall have no responsibility for any damages arising from any inaccuracy or misprint of such information.
- 11) Please use the Products in accordance with any applicable environmental laws and regulations, such as the RoHS Directive. For more details, including RoHS compatibility, please contact a ROHM sales office. ROHM shall have no responsibility for any damages or losses resulting non-compliance with any applicable laws or regulations.
- 12) When providing our Products and technologies contained in this document to other countries, you must abide by the procedures and provisions stipulated in all applicable export laws and regulations, including without limitation the US Export Administration Regulations and the Foreign Exchange and Foreign Trade Act.
- 13) This document, in part or in whole, may not be reprinted or reproduced without prior consent of ROHM.



Thank you for your accessing to ROHM product informations.  
More detail product informations and catalogs are available, please contact us.

## ROHM Customer Support System

<https://www.rohm.com.cn/contactus>