

ROHM Solution Simulator

Current Sensing Circuit

High-Side Circuit Breaker

- 電気・熱連成シミュレーション -

本回路は、電流センスアンプ、シャント抵抗、MOSFET を用いたハイサイド電流検出における過電流遮断動作をシミュレーションするものです。

本シミュレーションでは、短絡事象によって発生する大電流が遮断されるまでの間における、シャント抵抗および MOSFET の温度上昇も検証することができます。電流センスアンプが大電流を遮断するまでに要する時間は極めて短時間であるため、実際の基板上で温度上昇を測定することは非常に困難です。本シミュレーションを活用することで、電流検出回路の設計における効果的な事前検証を可能にします。詳細については、以下のアプリケーションノートを参照してください。

[シャント抵抗方式電流検出回路 設計ガイド](#),

[シャント抵抗方式電流検出回路 シャント抵抗発熱評価](#)

Contents

1.	シミュレーション回路	2
2.	シミュレーション設定	2
3.	シミュレーション条件	3
4.	熱ドメイン設定	4
5.	電流センスアンプモデル	5
6.	MOSFET モデル	6
7.	シャント抵抗モデル	7
8.	部品表	8
9.	製品およびアプリケーションノート	8

注意事項

注意 1: 本シミュレーション結果の数値は保証されたものではありません。設計に際しては、あくまで参考値としてご使用ください。

注意 2: 本モデルの特性は周囲温度 $T_a = 100^\circ\text{C}$ における条件に基づいています。そのため、温度条件が変化した場合のシミュレーション結果は実際のアプリケーション基板上での測定結果と大きく異なる可能性があります。

注意 3: 技術的な詳細については、電流検出回路に関するアプリケーションノートを参照してください。

注意 4: 実際の基板設計によって特性が変化する可能性があります。実機評価にて、特性の再確認を行うことを強く推奨します。

1. シミュレーション回路

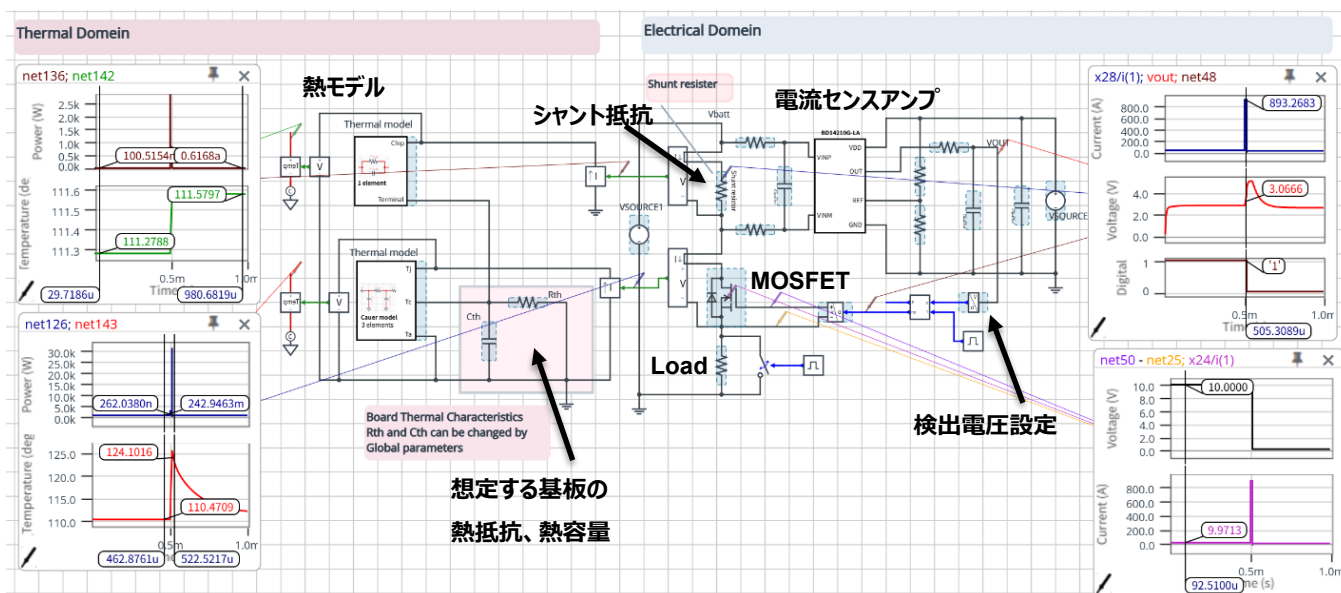


Figure 1. シミュレーション回路

電気ドメイン領域は電気シミュレーション回路を示し、熱ドメイン領域は熱シミュレーション回路を示しています。

大電流の発生によりシャント抵抗に生じる電圧降下を、電流センスアンプによって検出し、MOSFET をオフします。

MOSFET およびシャント抵抗の SPICE モデルおよび熱モデルは、ダブルクリックによりプルダウンで変更できます。電流センスアンプのモデルは車載グレードの製品のみ変更できます。熱ドメイン内の赤色で表示された Rth および Cth の値は、基板の熱抵抗および熱容量を定義しています。想定している基板条件を入力することで、温度上昇を事前に検証することができます。また、青色でハイライトされている部品のパラメータは変更可能です。

2. シミュレーション設定

シミュレーション設定は、Figure. 2 に示す“Simulation Settings”画面から設定することができます。

Table1 には、初期設定を示しています。手動オプションに記載の設定は緑色の“Global Parameters”をダブルクリックすることで簡単に変更することができます。

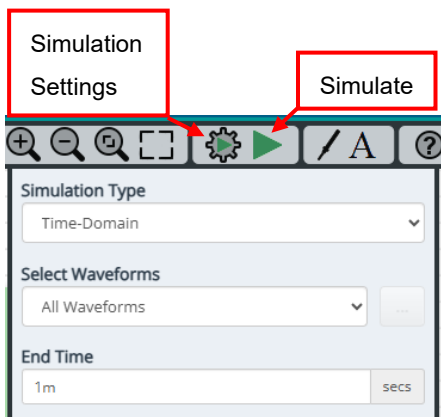


Figure 2. シミュレーション設定および実行コマンド

Table 1. シミュレーションの初期設定

Parameters	Default	Note
Simulation Type	Time-Domain	変更不可
Select Waveforms	All Waveforms	シミュレーション終了後、任意のノードで波形を確認できます。
End time	1ms	-
Advanced options	Simulation Resolution	1e-7
	Convergence Assist	-
Manual Options	TEMP=100 decC Rth_board=25 K/W Cth_board=5 Ws/K	“Global Parameters”から変更可能

3. シミュレーション条件

Table 2. シミュレーション条件

Instance Name	Type	Parameters	Default Value	Variable Range		Units
				Min	Max	
VSOURCE1	Voltage Source	Voltage_level	12	free		V
		AC_magnitude	0.0	fixed		V
		AC_phase	0.0	fixed		deg
VSOURCE2	Voltage Source	Voltage_level	5	2.7V to 5.5V ^(Note1)		V
		AC_magnitude	0.0	fixed		V
		AC_phase	0.0	fixed		deg
Load	Resistor	Resistance Value	1.2 ^(Note2)	free		Ω
Sensing Voltage	Voltage to Digital	Threshold	4.1 ^(Note3)	free		V

(Note1) 電流センスアンプの動作電源電圧範囲内に設定してください。

(Note2) 定常状態の電流に一致するように抵抗値を設定してください。デフォルト設定は 12V/1.2Ω=10A です。

(Note3) ■電流センスアンプの検出電圧設定

$$V_{out} = (R_{shunt} \times I_{load} \times GAIN) + V_{ref}$$

R_{shunt} : シャント抵抗の抵抗値

I_{load} : 負荷電流

$GAIN$: 電流センスアンプのゲイン

V_{ref} : REF 端子電圧

設定例

BD14210-LA : GAIN=20, Vref=2.5V

シャント抵抗 : PSR330ITQFH1L00 (1mΩ)

Iload (遮断電流): 80A

4. 熱ドメイン設定

Temp コンポーネントに設置されたプローブの波形から、過電流が遮断されるまでの温度上昇を確認することができます。熱モデルはダブルクリックすることで変更可能です。シャント抵抗および MOSFET の熱モデルが、電気ドメインで指定した製品と一致していることを確認してください。赤枠で表示された Rth および Cth は、基板の熱抵抗および熱容量を表しています。緑枠内の “Global Parameters” をダブルクリックすることでこれらの値を変更できます。試作前に、基板に必要な熱抵抗値を検証することが可能です。

初期設定

Rth_board=25 K/W, Cth_board=5 Ws/K

これらの値は、Table3 に示す PCB を対象とした熱シミュレーション結果に基づき、参考値として設定しています。

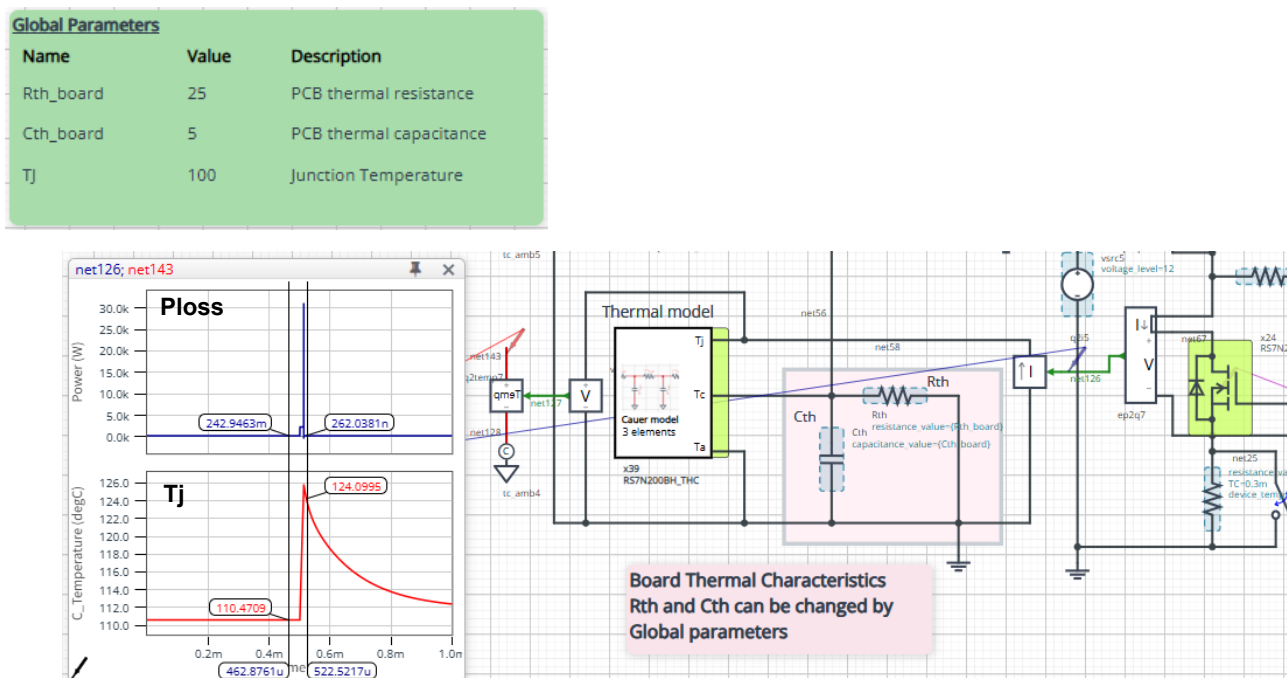


Figure 3. Global Parameters と基板の熱抵抗、熱容量

Table 3. PCB の仕様

Item	Value
基板厚	1.6mm
基板外形寸法	82.1mm x 73.9mm
基板材料	FR4
層数	2 層
銅箔厚	70μm (2oz)
銅箔面積	表層:800mm ² 裏面:1300mm ²

5. 電流センスアンプモデル

Table 4 は選択可能な電流センスアンプのモデルを示しています。Table 5 は、実装されているモデルの端子説明を示しています。なお、本モデルは電流検出回路の動作モデルであり、保護回路や本用途に関係のない機能は実装されていないので注意してください。

Table 4. 選択可能な電流センスアンプのモデル

Grade	Product No.	Feature
Automotive	BD14220G-C	Gain= 25 V/V
	BD14221G-C	Gain= 50 V/V
	BD14222G-C	Gain= 100 V/V
Industrial	BD14210G-LA	Gain= 20 V/V

Table 5. 端子説明

端子	機能
VINP	シャント抵抗電源側入力
VINM	シャント抵抗負荷側入力
VDD	電源端子
OUT	出力端子
REF	Reference 端子
GND	Ground 端子

6. MOSFET モデル

MOSFET はダブルクリックすることで変更することができます。

形名の詳細については、以下の説明を参照してください。

[形名情報](#)

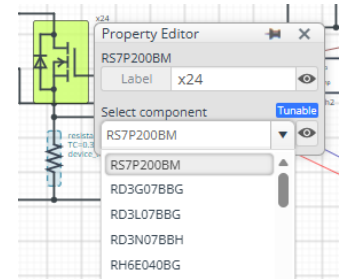


Figure 4. MOSFET の変更方法

Single type

RD3H045SPFRA

Part No. **ROHM**

Id

001: 0.1A
 002: 0.2A
 :
 :
 010: 1.0A
 :
 :
 100: 10A
 :
 :
 250: 25A

Grade

None: Standard
 FRA: Automotive
 HRB: Automotive
 HZG: Automotive

Package

A1: DSN1006-3 (SMM1006)
 D3: TO-252
 E1: SOT416FL (EMF3F)
 F4: DFN2020-8S (HVML2020L8)
 F5: SOT-323T (TUMT3)
 F6: SOT-363T (TUMT6)
 F9: DFN2020Y7LSAA
 H6: HSMT8
 H7: DFN3333T8LSAB
 J1: TO-263AB (LPTL)
 Q1: HSMT8
 Q3: HSMT8AG
 Q5: SOT-346T (TSMT3)
 Q6: SOT-457T (TSMT6)
 Q7: HSMT8
 S1: HSOP8S (HSOP8)
 S3: SOP8
 S6: HSOP8S (HSOP8)
 U1: SOT-323FL (UMT3F)
 V1: DFN0806-3 (VML0806)
 V2: DFN1006-3 (VML1006)
 V3: DFN0604-3 (VML0604)
 V4: DFN1616-6W
 V5: DFN1616-6
 V7: DFN1212-3
 V8: DFN1010-3W
 W4: DFN1616-7T (HEML1616L7)
 X3: TO-220AB

V_{DSS}

A: 12V
 C: 20V
 E: 30V
 G: 40V
 H: 45V
 J: 50V
 L: 60V
 N: 80V
 P: 100V
 R: 150V
 S: 190V
 T: 200V
 U: 250V

Specifications and drive voltage

Symbol	Process	Polarity	Drive voltage	Comment
YN	1st Gen	Nch	0.9V	
UN	1st Gen	Nch	1.2V, 1.5V	
AA	1st Gen	Nch	10V	For Automotive
CN	1st Gen	Nch	10V	
SN	1st Gen	Nch	2.5V, 4.0V	
BE	3rd Gen	Nch	10V	
MN	3rd Gen	Nch	4.5V	High Performance
BD	3rd Gen	Nch	6.0V	
AD	4th Gen	Nch	4.5V	Built-in ESD Protection
BN	4th Gen	Nch	4.5V	
GN	4th Gen	Nch	4.5V	High Performance
AJ	5th Gen	Nch	2.5V	
BG	6th Gen	Nch	4.5V	
BH	6th Gen	Nch	6.0V, 10V	
BK	6th Gen	Nch	4.5V	For Automotive
BL	6th Gen	Nch	6.0V	For Automotive
SP	1st Gen	Pch	2.5V, 4.0V	
ZP	2nd Gen	Pch	1.2V, 1.5V	
RP	2nd Gen	Pch	4.0V	
AP	4th Gen	Pch	1.5V	
BC	5th Gen	Pch	1.8V	
AT	5th Gen	Pch	4.5V, 6.0V	
BJ	5th Gen	Pch	4.5V	For Automotive
LD	CSP	Nch	2.5V	

7. シャント抵抗モデル

シャント抵抗はダブルクリックすることで変更することができます。
 以下のモデル名の説明を参照してください。

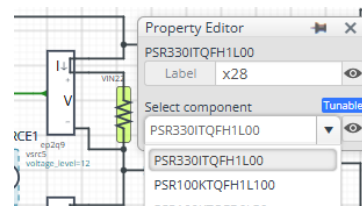


Figure5. シャント抵抗の変更方法

Part No.	Size		Resistance (mΩ)	Tolerance	Special code	Rated power P (Rated terminal temperature T _R)		Temperature coefficient (ppm/°C)	Operating temperature range (°C)	Automotive grade available (AEC-Q200)
	(mm)	(inch)								
PSR100	6432	2512	0.2	F (±1%)	C	12W (130°C)		150±50	-65 ~ +175	Yes
			0.3		D	8W (75°C)	4W (140°C)	0 ~ +150		
			0.5		F	8W (75°C)	4W (140°C)	0 ~ +100		
			1.0		H	8W (75°C)	4W (140°C)	0 ~ +50		
			2.0		J	6W (75°C)	4W (140°C)			
			3.0		L	4W (75°C)	3W (140°C)			
PSR330	6464	2525	0.1	F (±1%)	B	15W (130°C)		100±50	-65 ~ +175	Yes
			☆ 0.5		F	8W (100°C)		0 ~ +100		
			☆ 1.0		H	6W (100°C)		0 ~ +50		
PSR350	7.9×5.6	3222	0.27	F (±1%)	CW	12W (120°C)		0 ~ +150	-65 ~ +175	Yes
PSR400	10×5.2	3921	0.2	F (±1%)	C	12W (75°C)	5W (130°C)	125±50	-65 ~ +175	Yes
			0.3		D	10W (75°C)	5W (130°C)	0 ~ +100		
			0.5		F	10W (75°C)	5W (130°C)			
			1.0		H	8W (75°C)	5W (130°C)	0 ~ +75		
			2.0		J	6W (75°C)	4W (115°C)			
			3.0		L	5W (70°C)	3W (115°C)			
PSR500	15×7.75	5931	0.1	F (±1%)	B	15W (75°C)	10W (120°C)	200±50	-65 ~ +175	Yes
			0.2		C	15W (75°C)	10W (120°C)	0 ~ +150		
			0.3		D	10W (75°C)	7W (120°C)			
			0.4		E	10W (75°C)	7W (120°C)	0 ~ +75		
			0.5		F	10W (75°C)	7W (120°C)			
			1.0		H	10W (75°C)	6W (120°C)			
			2.0		J	7W (70°C)	4W (115°C)			

PSR	100	KTQ	F	H	1L00																																																																														
Part No.	Size	Packaging code	Tolerance	Special code	Nominal resistance																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Part No.</th> <th>Size (mm)</th> <th>[inch]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PSR</td> <td>100 (6432)</td> <td>[2512]</td> </tr> <tr> <td>High Power Metal Plate Shunt Resistors <Ultra Low Ohmic></td> <td>330 (6464)</td> <td>[2525]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>350 (7.9×5.6)</td> <td>[3222]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>400 (10×5.2)</td> <td>[3921]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>500 (15×7.75)</td> <td>[5931]</td> </tr> </tbody> </table>	Part No.	Size (mm)	[inch]	PSR	100 (6432)	[2512]	High Power Metal Plate Shunt Resistors <Ultra Low Ohmic>	330 (6464)	[2525]		350 (7.9×5.6)	[3222]		400 (10×5.2)	[3921]		500 (15×7.75)	[5931]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Code</th> <th>Packaging specification</th> <th>Quantity pcs/Reel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">PSR100</td> <td>ITQ^{*1}</td> <td>Embossed tape (8mm Pitch)</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td>KTQ^{*2}</td> <td>Embossed tape (8mm pitch)</td> <td>5,000</td> </tr> <tr> <td>PSR330</td> <td>ITQ</td> <td>Embossed tape (8mm pitch)</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td>PSR350</td> <td>KTQ</td> <td>Embossed tape (8mm Pitch)</td> <td>5,000</td> </tr> <tr> <td>PSR400</td> <td>ITQ</td> <td>Embossed tape (8mm Pitch)</td> <td>3,000</td> </tr> <tr> <td>PSR500</td> <td>HTQ</td> <td>Embossed tape (12mm Pitch)</td> <td>2,000</td> </tr> </tbody> </table>	Type	Code	Packaging specification	Quantity pcs/Reel	PSR100	ITQ ^{*1}	Embossed tape (8mm Pitch)	3,000	KTQ ^{*2}	Embossed tape (8mm pitch)	5,000	PSR330	ITQ	Embossed tape (8mm pitch)	3,000	PSR350	KTQ	Embossed tape (8mm Pitch)	5,000	PSR400	ITQ	Embossed tape (8mm Pitch)	3,000	PSR500	HTQ	Embossed tape (12mm Pitch)	2,000	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tolerance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F (±1%)</td> </tr> </tbody> </table>	Tolerance	F (±1%)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Special code</th> <th>Nominal resistance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B</td> <td>0.1mΩ</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.2mΩ</td> </tr> <tr> <td>CW^{*3}</td> <td>0.27mΩ</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>0.3mΩ</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0.4mΩ</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>0.5mΩ</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>1.0mΩ</td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>2.0mΩ</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>3.0mΩ</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{*3}: Only PSR350</p>	Special code	Nominal resistance	B	0.1mΩ	C	0.2mΩ	CW ^{*3}	0.27mΩ	D	0.3mΩ	E	0.4mΩ	F	0.5mΩ	H	1.0mΩ	J	2.0mΩ	L	3.0mΩ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nominal resistance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistance code, 4 digits</td> </tr> <tr> <td>Resistance 4 digits</td> </tr> <tr> <td>0.1mΩ</td> </tr> <tr> <td>0.2mΩ</td> </tr> <tr> <td>0.27mΩ</td> </tr> <tr> <td>0.3mΩ</td> </tr> <tr> <td>0.4mΩ</td> </tr> <tr> <td>0.5mΩ</td> </tr> <tr> <td>1.0mΩ</td> </tr> <tr> <td>2.0mΩ</td> </tr> <tr> <td>3.0mΩ</td> </tr> </tbody> </table>	Nominal resistance	Resistance code, 4 digits	Resistance 4 digits	0.1mΩ	0.2mΩ	0.27mΩ	0.3mΩ	0.4mΩ	0.5mΩ	1.0mΩ	2.0mΩ	3.0mΩ
Part No.	Size (mm)	[inch]																																																																																	
PSR	100 (6432)	[2512]																																																																																	
High Power Metal Plate Shunt Resistors <Ultra Low Ohmic>	330 (6464)	[2525]																																																																																	
	350 (7.9×5.6)	[3222]																																																																																	
	400 (10×5.2)	[3921]																																																																																	
	500 (15×7.75)	[5931]																																																																																	
Type	Code	Packaging specification	Quantity pcs/Reel																																																																																
PSR100	ITQ ^{*1}	Embossed tape (8mm Pitch)	3,000																																																																																
	KTQ ^{*2}	Embossed tape (8mm pitch)	5,000																																																																																
PSR330	ITQ	Embossed tape (8mm pitch)	3,000																																																																																
PSR350	KTQ	Embossed tape (8mm Pitch)	5,000																																																																																
PSR400	ITQ	Embossed tape (8mm Pitch)	3,000																																																																																
PSR500	HTQ	Embossed tape (12mm Pitch)	2,000																																																																																
Tolerance																																																																																			
F (±1%)																																																																																			
Special code	Nominal resistance																																																																																		
B	0.1mΩ																																																																																		
C	0.2mΩ																																																																																		
CW ^{*3}	0.27mΩ																																																																																		
D	0.3mΩ																																																																																		
E	0.4mΩ																																																																																		
F	0.5mΩ																																																																																		
H	1.0mΩ																																																																																		
J	2.0mΩ																																																																																		
L	3.0mΩ																																																																																		
Nominal resistance																																																																																			
Resistance code, 4 digits																																																																																			
Resistance 4 digits																																																																																			
0.1mΩ																																																																																			
0.2mΩ																																																																																			
0.27mΩ																																																																																			
0.3mΩ																																																																																			
0.4mΩ																																																																																			
0.5mΩ																																																																																			
1.0mΩ																																																																																			
2.0mΩ																																																																																			
3.0mΩ																																																																																			

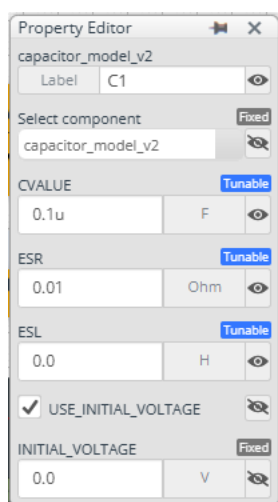
^{*1} : ITQ : Apply to 0.2mΩ
^{*2} : KTQ : Apply to 0.3mΩ~3.0mΩ

8. 部品表

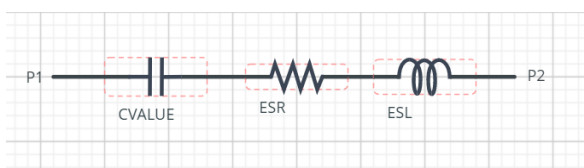
Table 6 には、シミュレーション回路で使用されている部品の一覧を示しています。各コンデンサには、以下に示す等価回路のパラメータが設定されています。等価回路の各要素のうち、コンデンサの ESR を除き、デフォルト値はすべて 0 に設定されています。各部品のパラメータ値は変更することが可能です。

Table 6. 周辺部品のリスト

Type	Instance Name	Default Value	Variable Range		Units
			Min	Max	
Resistor	Load	1.2	free		Ω
	R1, R2	10k	free		Ω
	R3	510	free		Ω
	R4, R5	1k	free		Ω
Capacitor	C1	0.1u	free		F
	C2	22n	free		F
	C3	10n	free		F



(a) プロパティエディタ



(b) 等価回路

Figure 6. コンデンサのプロパティエディタおよび等価回路

コンデンサの ESR のデフォルト値は 0.01 Ω に設定されています。

これらのパラメータは、シミュレーション上では任意の値を設定することができますが、いかなる条件においても IC の動作を保証するものではありません。適切なパラメータ値については、データシートを参照してください。

9. 製品およびアプリケーションノート

電流センスアンプ [電流センスアンプ](#)

シャント抵抗 [PSR Series](#)

MOSFET [車載用 MOSFET](#) [12~150V シングル N チャンネル MOSFET](#)

Thermal simulation [SPICE 自己発熱モデルの使い方](#) [電気・熱連成解析](#)

ご 注 意

- 1) 本資料に記載されている内容は、ロームグループ(以下「ローム」という)製品のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新のデータシートもしくは仕様書を必ずご確認ください。
- 2) ローム製品は、一般的な電子機器(AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器等)もしくはデータシートに明示した用途への使用を意図して設計・製造されています。したがって、極めて高度な信頼性が要求され、その故障や誤動作が人の生命、身体への危険もしくは損害、またはその他の重大な損害の発生に関わるような機器または装置(医療機器、輸送機器、交通機器、航空宇宙機器、原子力制御装置、燃料制御、カーアクセサリを含む車載機器、各種安全装置等)(以下「特定用途」という)にローム製品のご使用を検討される際は事前にローム営業窓口までご相談くださいますようお願いいたします。ロームの文書による事前の承諾を得ることなく、特定用途にローム製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 3) 半導体を含む電子部品は、一定の確率で誤動作や故障が生じる場合があります。万が一、誤動作や故障が生じた場合であっても、人の生命、身体、財産への危険または損害が生じないように、お客様の責任においてフェールセーフ設計など安全対策をお願いいたします。
- 4) 本資料に記載された応用回路例やその定数などの情報は、ローム製品の標準的な動作や使い方を説明するためのもので、実際に使用する機器での動作を明示的にも黙示的にも保証するものではありません。したがって、お客様の機器の設計において、回路やその定数及びこれらに関連する情報を使用する場合には、外部諸条件を考慮し、お客様の判断と責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 5) ローム製品及び本資料に記載の技術を輸出または国外へ提供するには、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続きを行ってください。
- 6) 本資料に記載された応用回路例などの技術情報及び諸データは、あくまでも一例を示すものであり、これらに関する第三者の知的財産権及びその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。また、ロームは、本資料に記載された情報について、ロームもしくは第三者が所有または管理している知的財産権その他の権利の実施、使用または利用を、明示的にも黙示的にも、お客様に許諾するものではありません。
- 7) 本資料の全部または一部をロームの文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
- 8) 本資料に記載の内容は、本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。ローム製品のご購入及びご使用に際しては、事前にローム営業窓口で最新の情報をご確認ください。
- 9) ロームは本資料に記載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万が一、本資料に記載された情報の誤りによりお客様または第三者に損害が生じた場合においても、ロームは一切その責任を負いません。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどをご用意しておりますので、お問い合わせください。

ROHM Customer Support System

<https://www.rohm.co.jp/contactus>