

# B-6

## パワーマネージメントICの特性評価



テクトロニクス/ケースレー  
イノベーション・フォーラム2013 大阪

宮本 純一

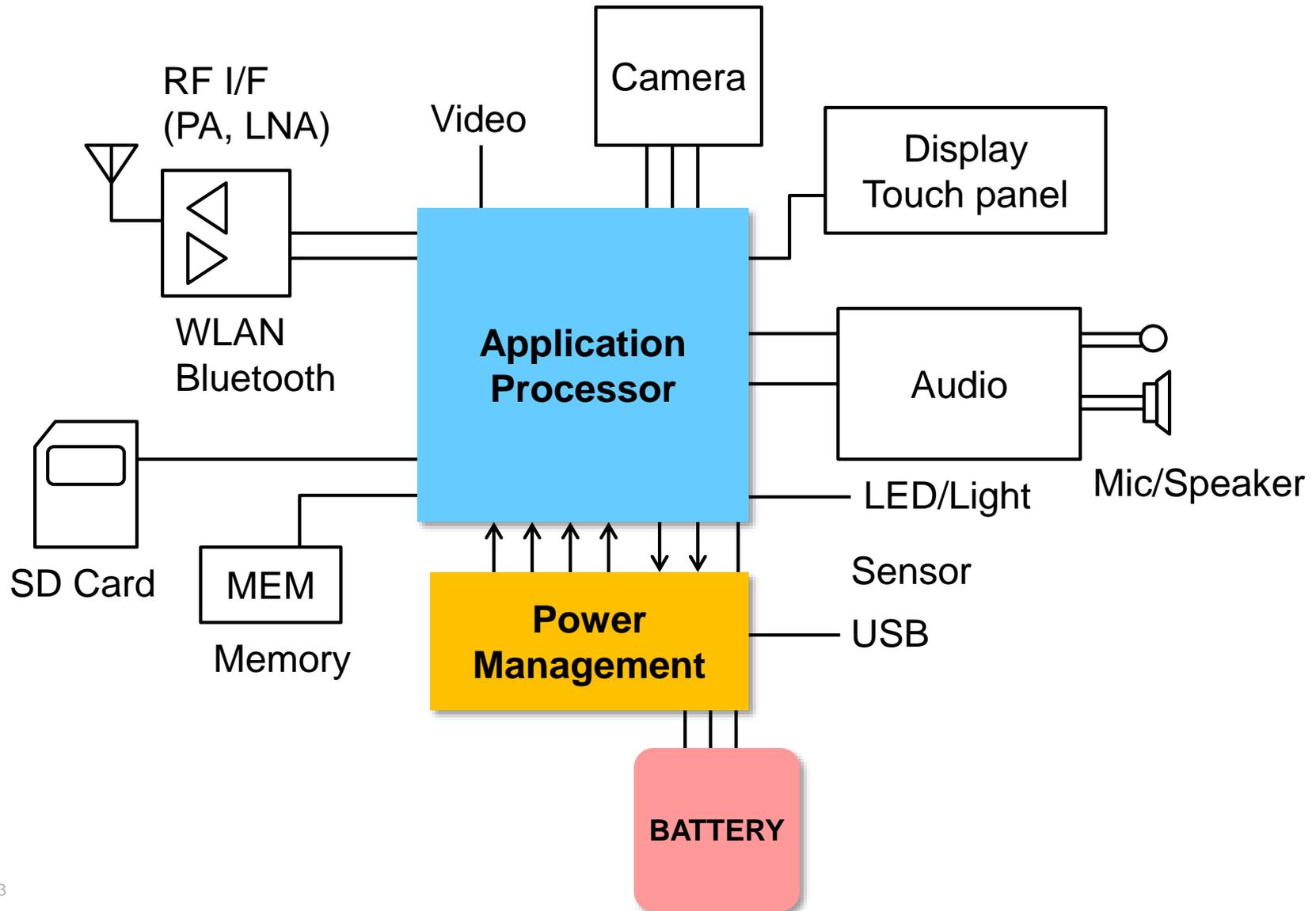
**Tektronix**<sup>®</sup>

**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

# Agenda

- パワーマネージメントIC
- 電源部評価
- 充電部評価
- まとめ

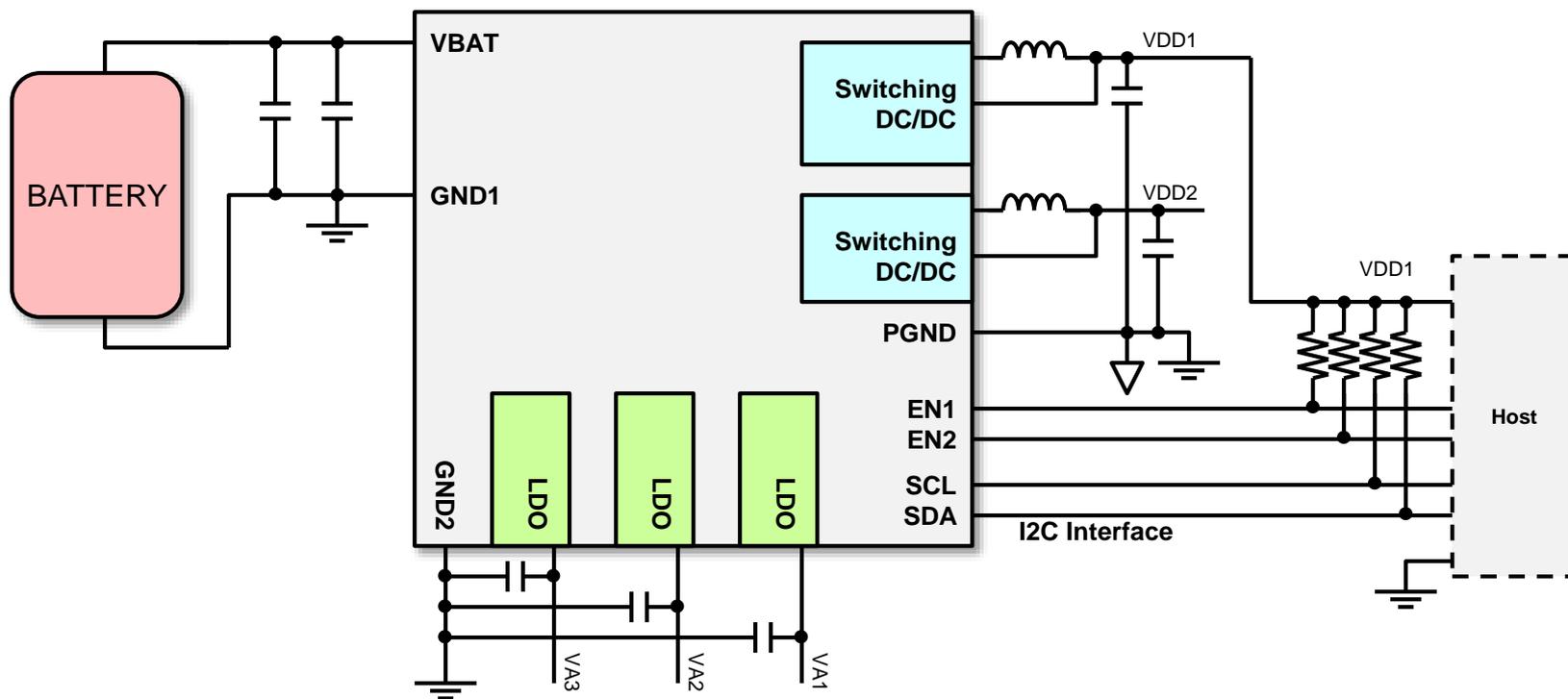
# 1-1. システムの中のパワーマネージメントIC



## 1-2. パワーマネージメントICの役割

1. 電源 : バッテリーからの電源変換
2. 電源管理 : 起動、終了、省電力
3. 低周波, アナログ : 32k、RTC、USB、低周波アンプ
4. 充電 : 充電の自律制御

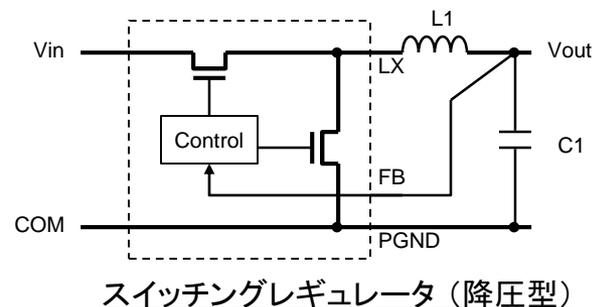
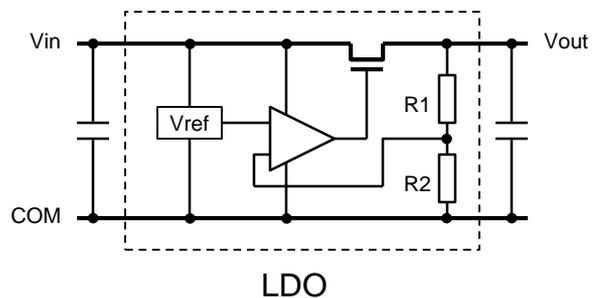
## 2. 電源部



電源部イメージ

- 10~20個程度の電源が含まれる。
- 電池電圧より各ブロックが必要とする電圧を生成し、パワー供給する。

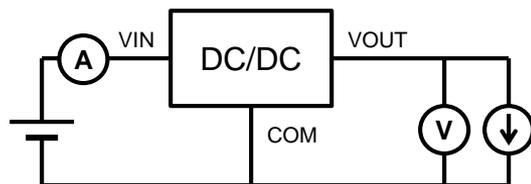
## 2-1. 電源の種類



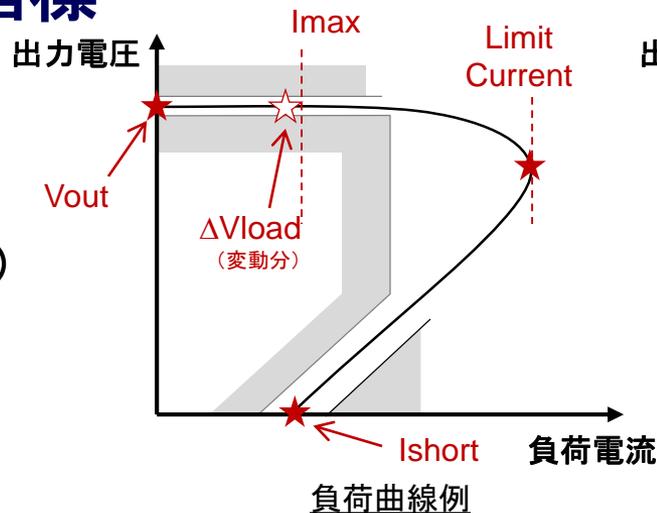
種類		利点	欠点
リニアレギュレータ	LDO(*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>扱い容易</li> <li>小実装面積</li> <li>低ノイズ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>損失大</li> <li>降圧のみ</li> </ul>
スイッチングレギュレータ	昇圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>損失小</li> <li>昇圧可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>インダクタが必要</li> <li>大実装面積</li> <li>スイッチングノイズの発生</li> </ul>
	降圧		
チャージポンプ		<ul style="list-style-type: none"> <li>扱い容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低ドライブ能力</li> </ul>

(\*) LDO : Low Drop Out

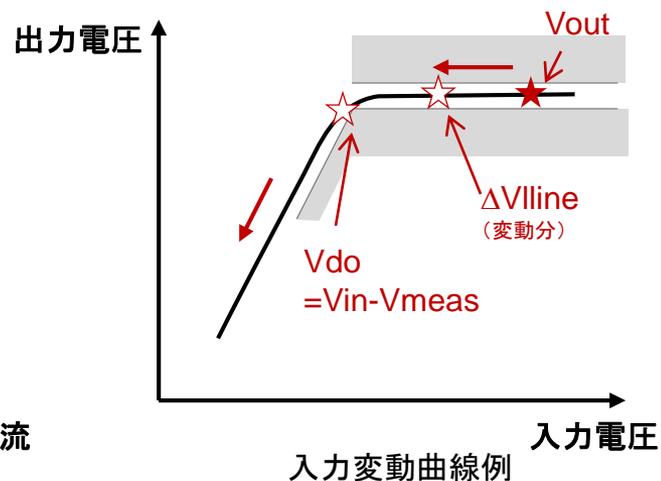
## 2-2. 電源の評価指標



評価機器の接続(静特性)



負荷曲線例



入力変動曲線例

代表的評価指標

評価指標	記号例	典型例	リニア	スイッチング
入力電圧	Vin	3.0~4.2V	--	--
出力電圧	Vout	最少1.0V	✓	✓
最大出力電流	I <sub>max</sub>	10mA~1A	✓	✓
入力変動	ΔV <sub>line</sub>	1mVの変動	✓	✓
負荷変動	ΔV <sub>load</sub>	10mVの変動	✓	✓
短絡電流	I <sub>short</sub>	I <sub>max</sub> の50%	✓	
待機電流	I <sub>q</sub>	0.1~0.01 uA	✓	✓
効率	η	95%		✓
出力ノイズ	V <sub>noise</sub>	10mV <sub>pp</sub>		✓
ドロップアウト電圧	V <sub>do</sub>	200mV	✓	
ノイズ除去率	PSRR	40~60dB以上	✓	

## 2-3-1. 電源の評価機器の選択 - 印加・負荷・静特性評価

Keithley 2001



DMM  
(Digital Multi Meter)

0.01x uA

この桁が確実に読める  
ように選択する。  
待機電流測定のため。

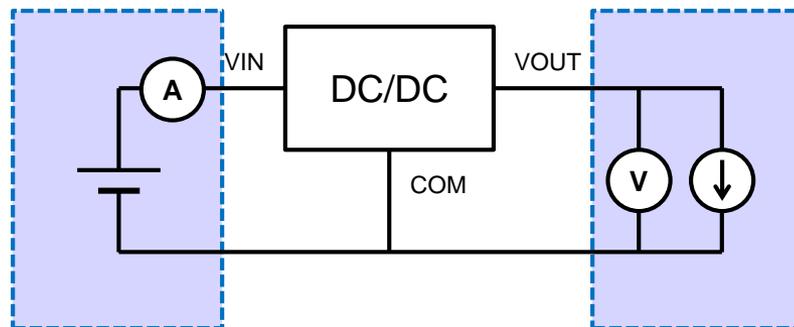
Keithley 2602B



SMU  
(Source Meter™ Unit)

SMU Ach

SMU Bch



Keithley 2220



装置電源

電子負荷

- SMUで簡易な環境
- SMUで高精度測定

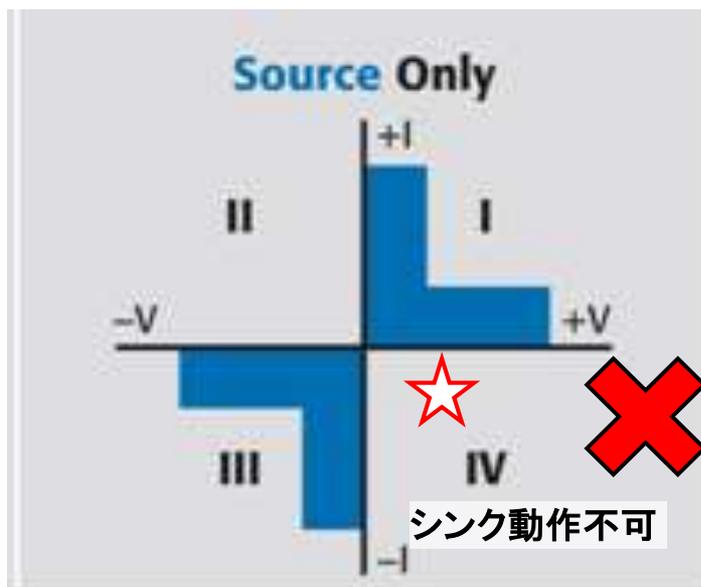
## 2-3-2. 電源の評価機器の選択 – 装置電源とSMUの違い



装置電源



SMU  
(Source Meter™ Unit)



シンク動作（電流負荷動作）はSMUにしかできない。

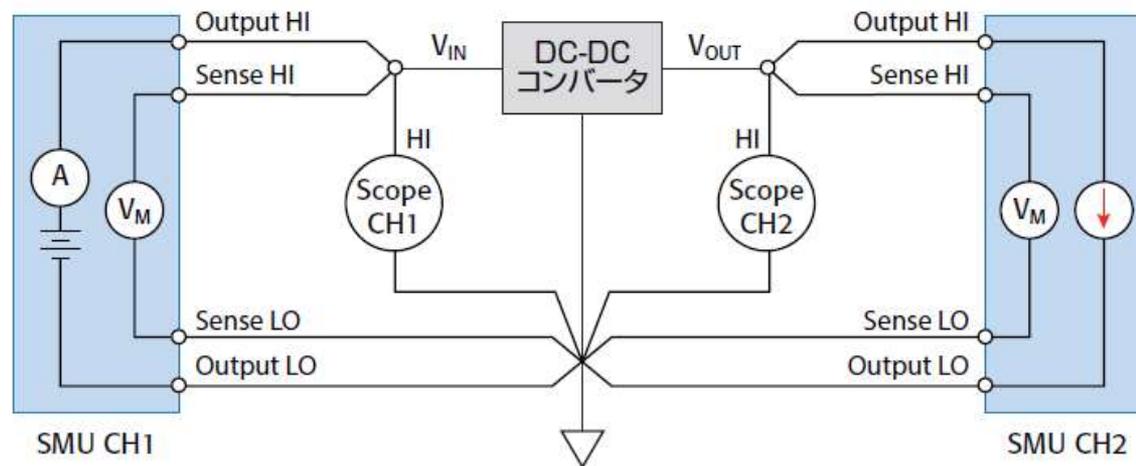
## 2-3-3. 電源の評価機器の選択 – 動特性評価との組み合わせ



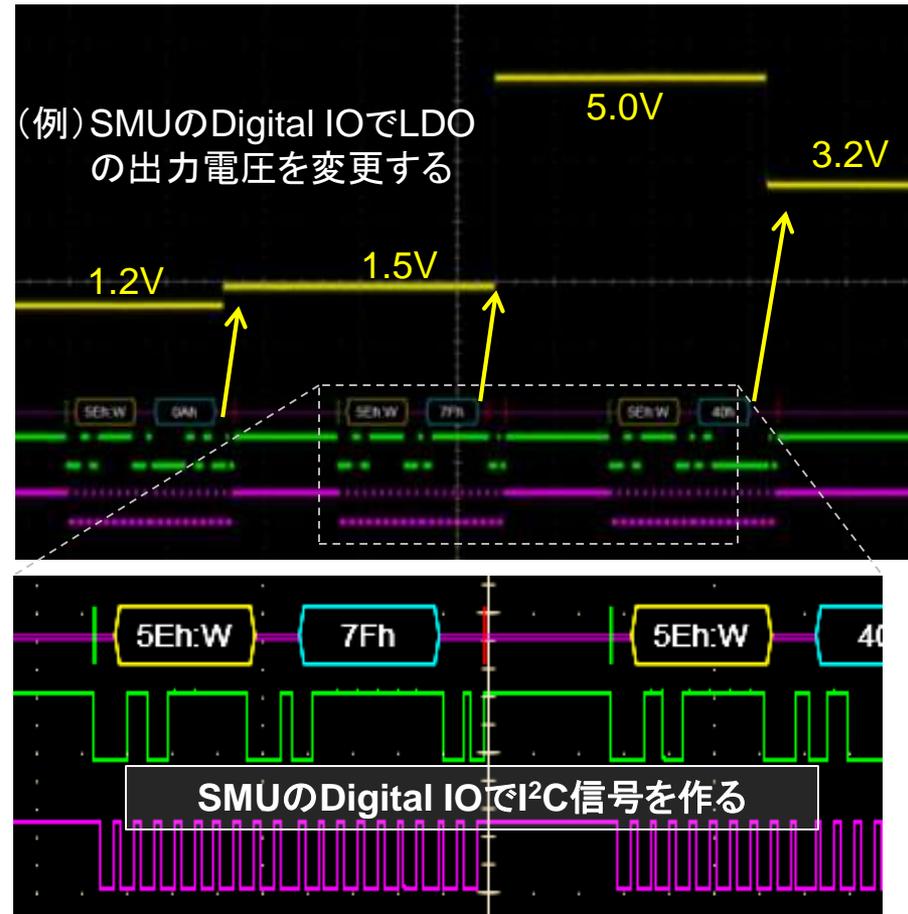
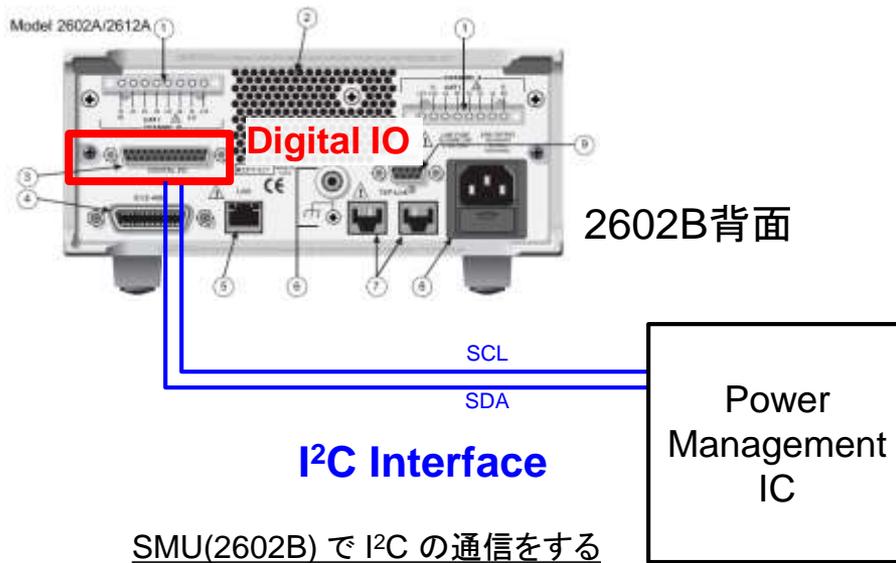
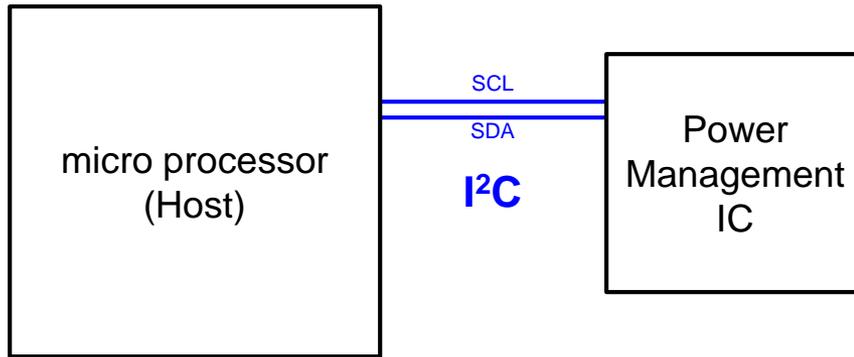
- パルス、AC測定
- ノイズ測定



- パワー入力
- DC負荷・パルス負荷
- 静特性取得

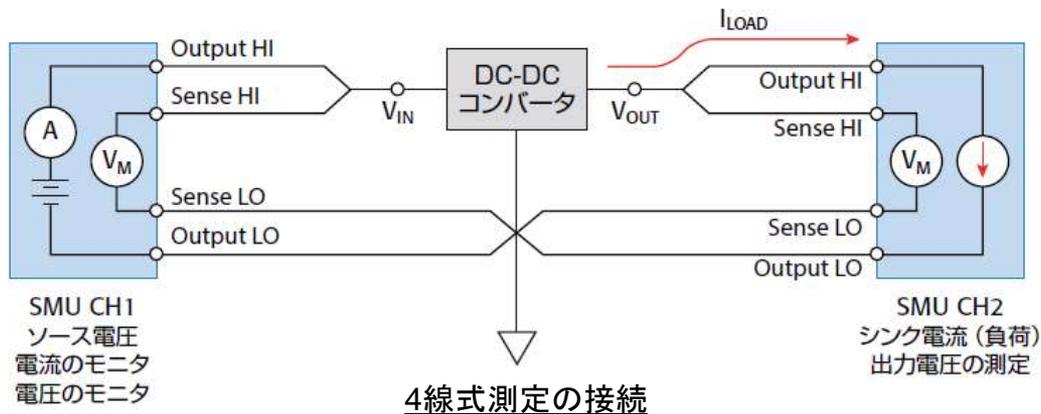
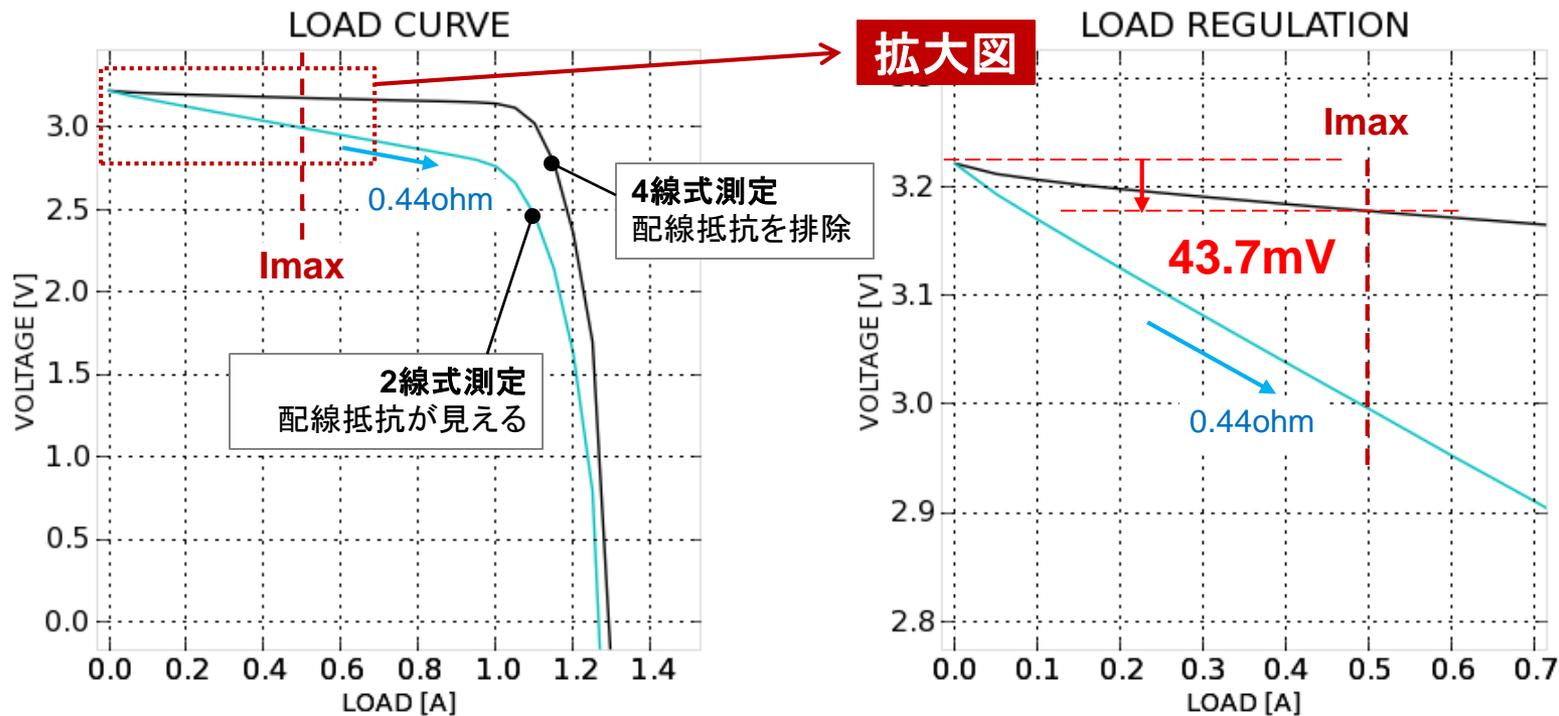


## 2-3-4. 電源の評価機器の選択 - デジタルコントロール

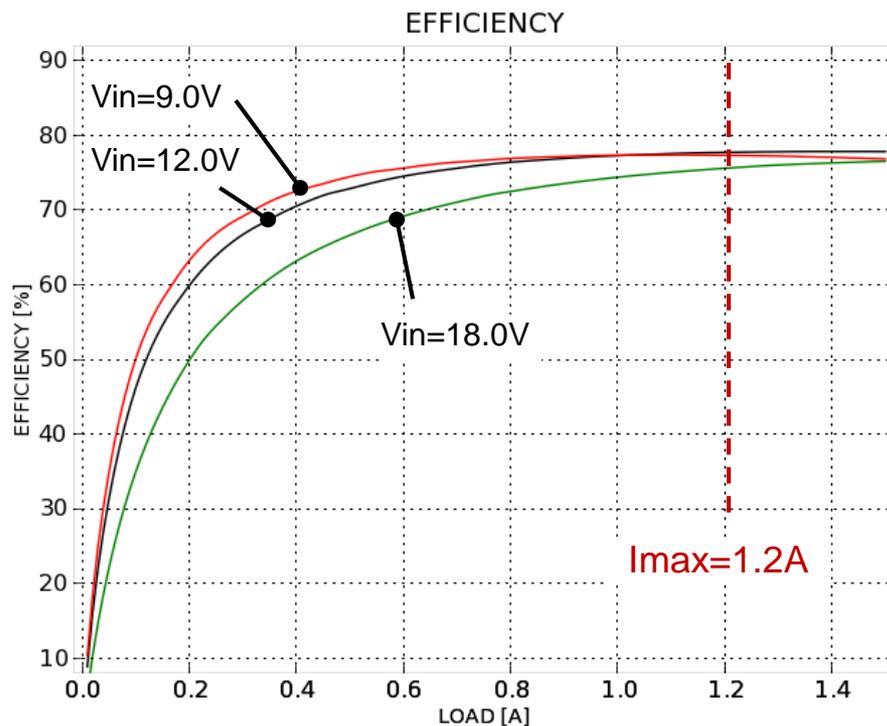


オシロスコープ (DPO/MSO) での I<sup>2</sup>C モニタ

## 2-4-1. 評価例：負荷特性 – Load Regulation



## 2-4-2. 評価例：変換効率

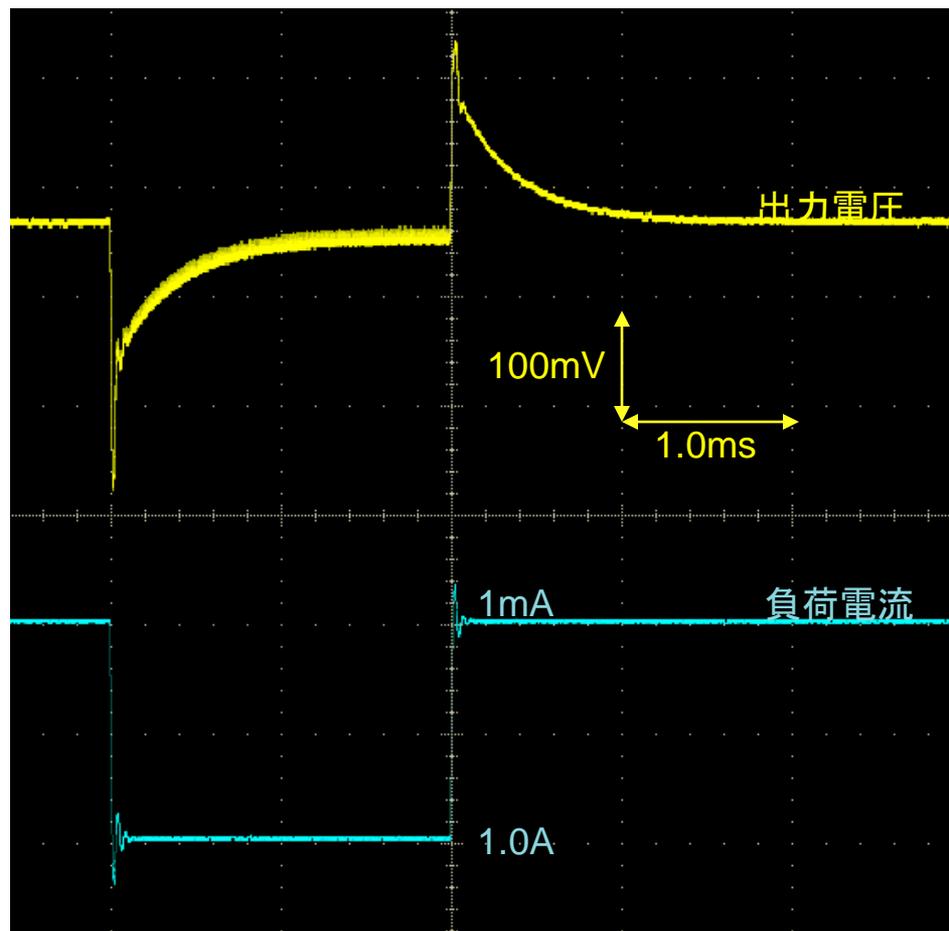


スイッチングレギュレータ 効率評価例

$$\eta = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}}$$

- 取得した負荷曲線の演算で効率は求められる。

## 2-4-3. 評価例：パルス負荷



パルス負荷変動評価例

- 電流プローブを用いて評価する
- SMUでパルス負荷を印加できる。動的な評価に利用できる。



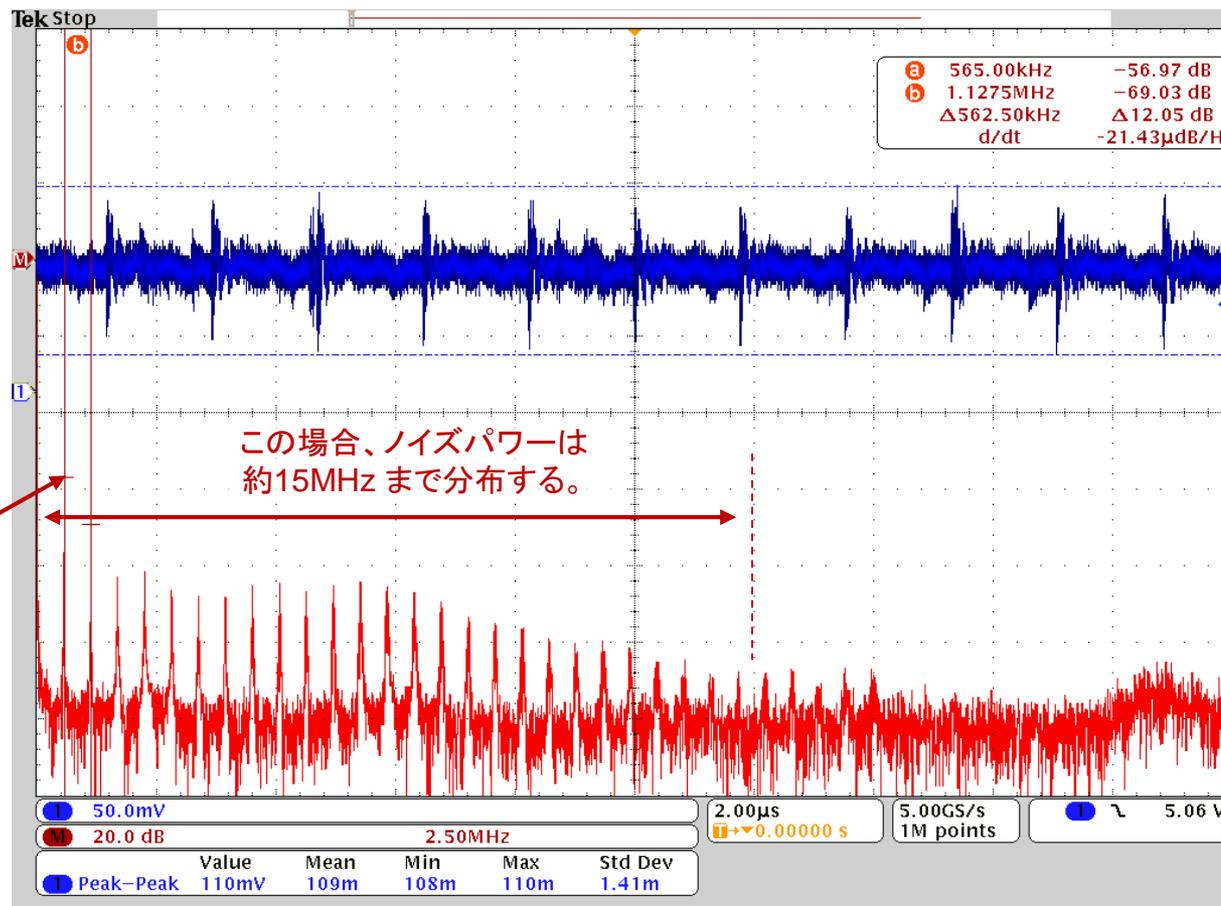
使用電流プローブ：TCP0030

Keithley 2602Bの場合

最大パルス振幅 : 10A  
最少パルス幅 : 100usec

## 2-4-4. 評価例：スイッチングノイズ

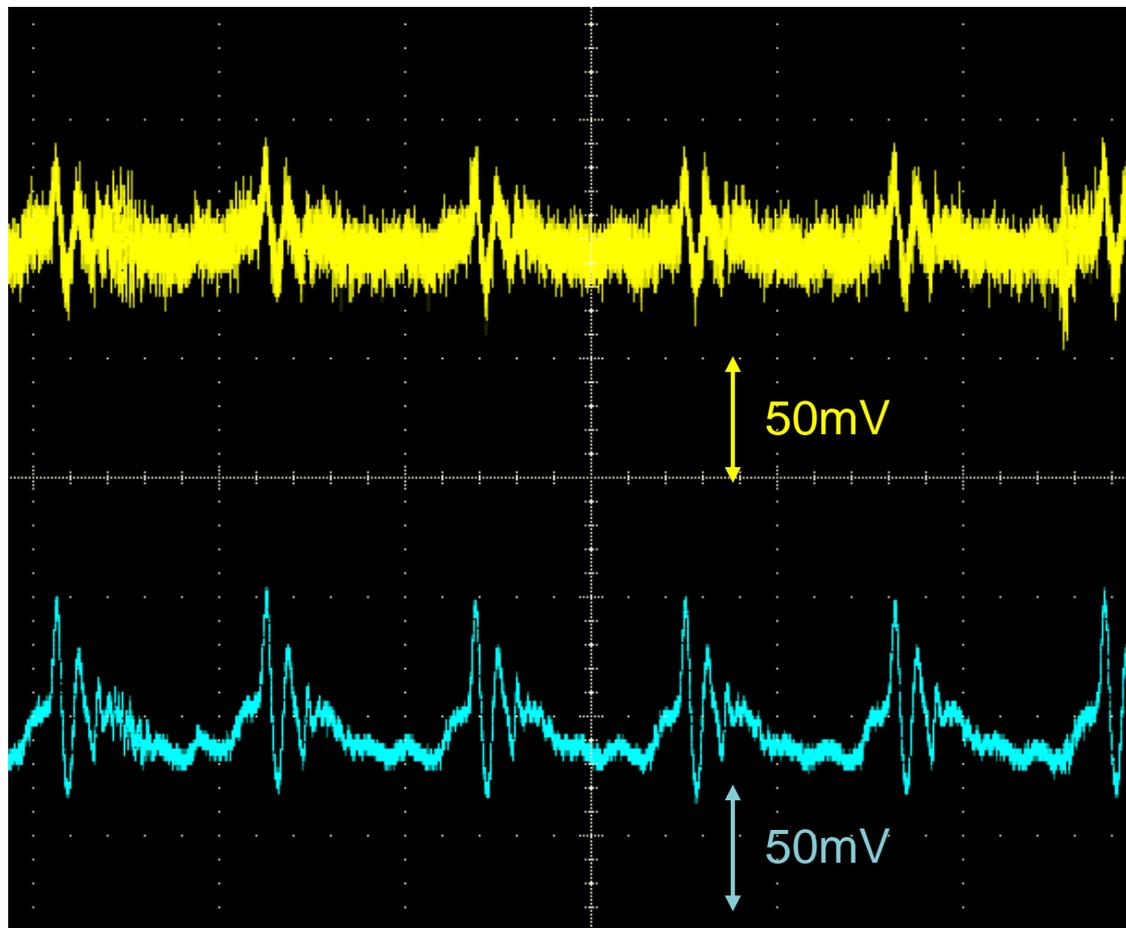
ノイズの電圧波形



スイッチングレギュレータ ノイズ評価例

- ノイズ振幅 (peak to peak値) は取り込み波形から見出せる
- スwitching周波数、およびノイズの帯域は、FFTにより簡易に見出せる

## 2-4-5. スイッチングノイズモニタ時のプローブの選択



使用プローブ: TPP1000

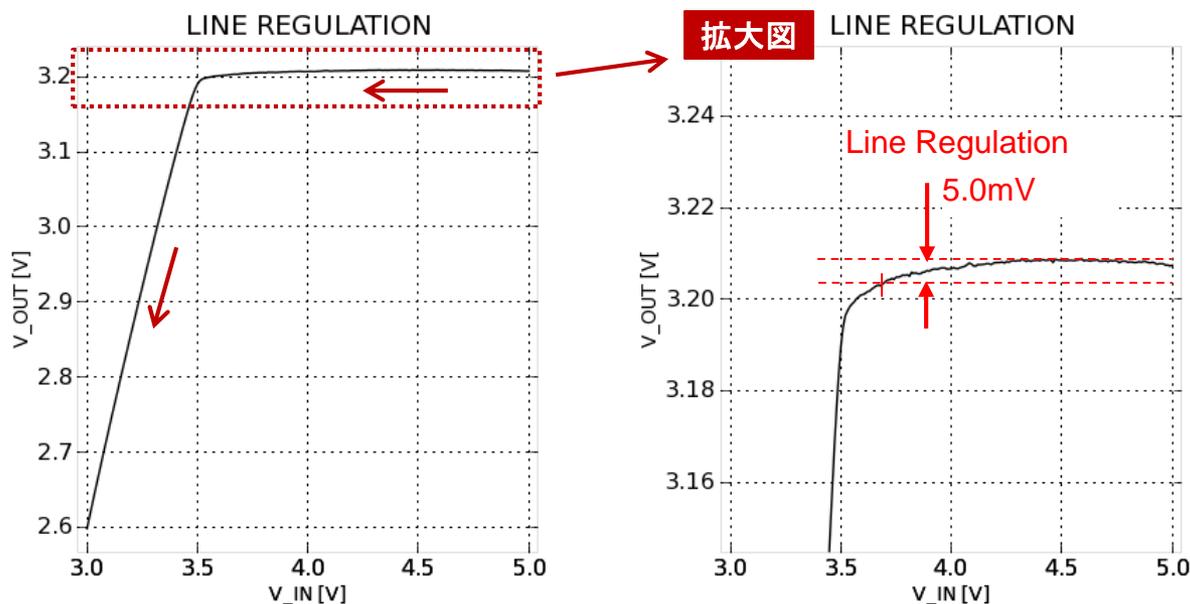
減衰比10:1

使用プローブ: P6101B

減衰比1:1

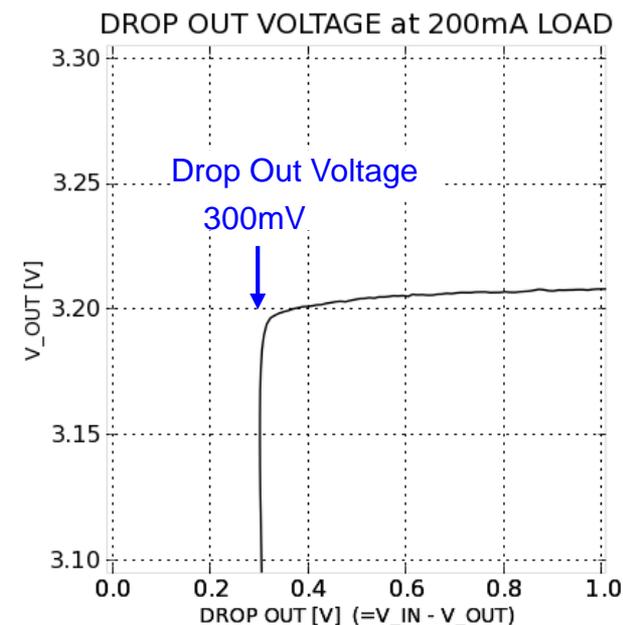
- ノイズやリップルをモニタするには減衰比の小さいプローブを選ぶと分解能は高くなる
- Tektronix TPP0502 (減衰比2:1), P2220/2221(減衰比1:1) 等

## 2-4-6. 評価例：入力変動 – Line Regulation, Drop Out Voltage



入力変動 (Line Regulation) 評価例

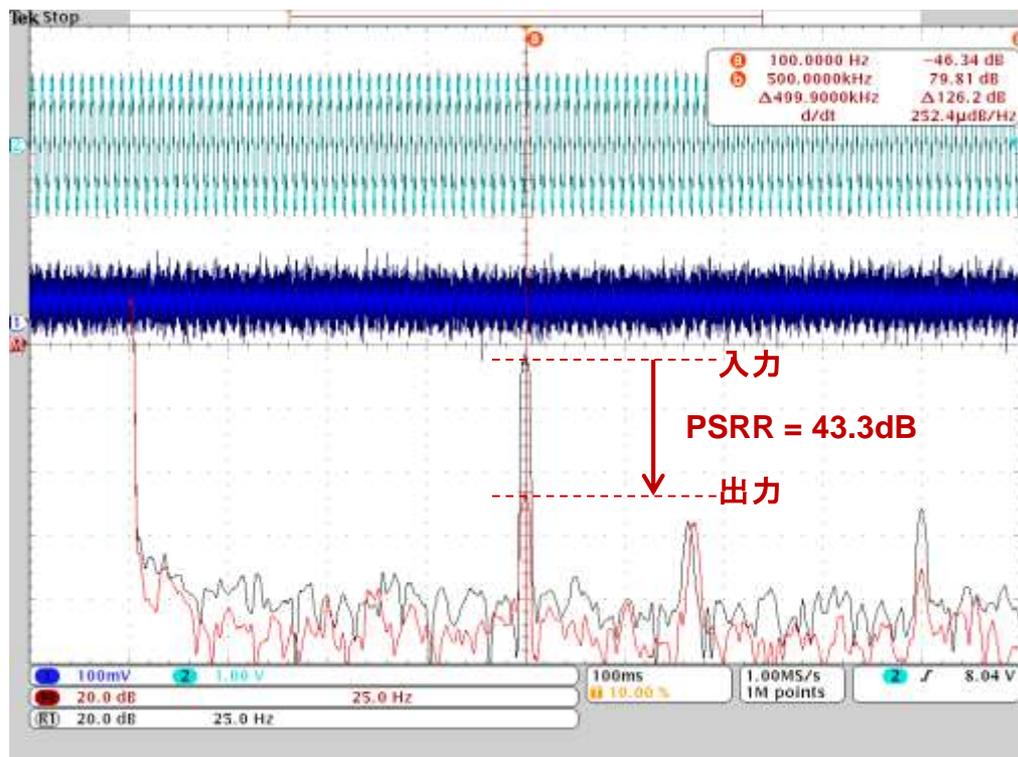
- 入力変動 (Line Regulation)は負荷変動よりも変動が小さい。  
→ 1mVの変動が確実に捉えられる測定器が必要



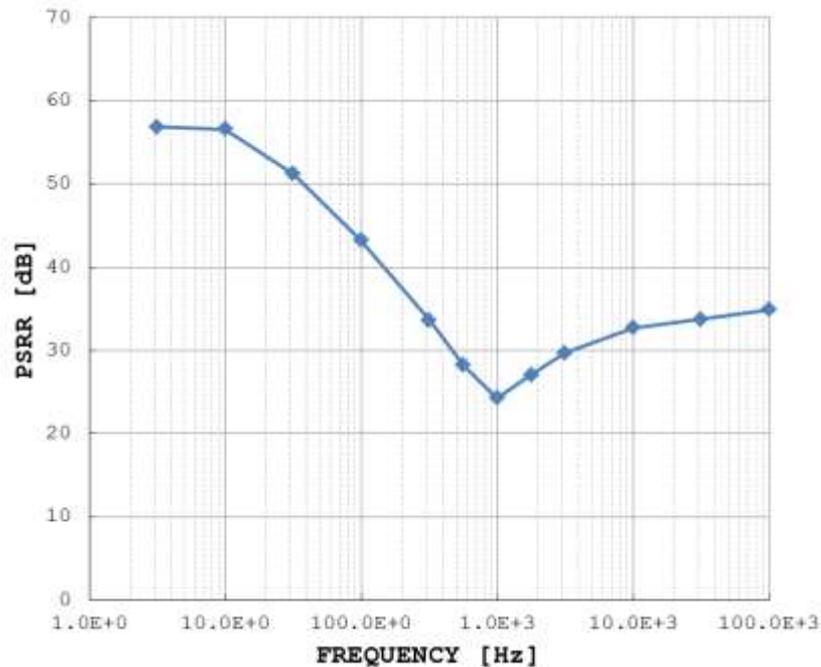
ドロップアウト電圧評価例

- ドロップアウト電圧は負荷依存性が大きい。
- 実装時に想定される負荷で評価する。

## 2-4-7. 評価例：リップル除去率 (PSRR)



LDOの PSRR 評価例



PSRRの周波数依存性 評価例

- 出力振幅はノイズにうもれ判定しにくい。
- スペクトラムにすれば1mV以下の振幅も定量化可能。

## 2-4-8. リップル印加の工夫

### 手法1 SMUのプログラムで任意波形生成

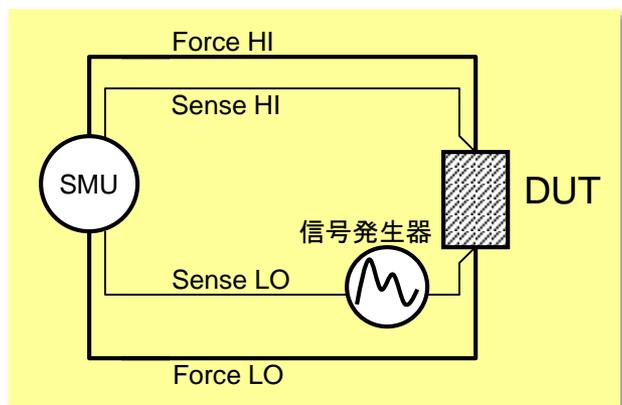
周波数帯域(参考値) : DC~10kHz

メリット	デメリット
SMUひとつでできる	プログラム必要 有限時間だけ波形出力

### 手法2 SMU出力を信号発生器で変調

周波数帯域(参考値) : DC~10kHz

メリット	デメリット
プログラム不要 出力時間制限なし	波形発生器の用意が必要



Keithley 2602B



Keithley 3390

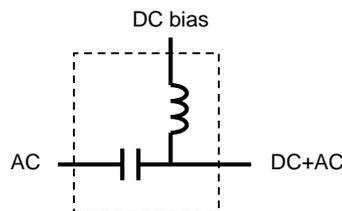


数Wのドライブも可能

$V_{ac}=3V_{pp}$ ,  $V_{dc}=2V$ ,  $f=100Hz$

SMUから任意の波形を出す例

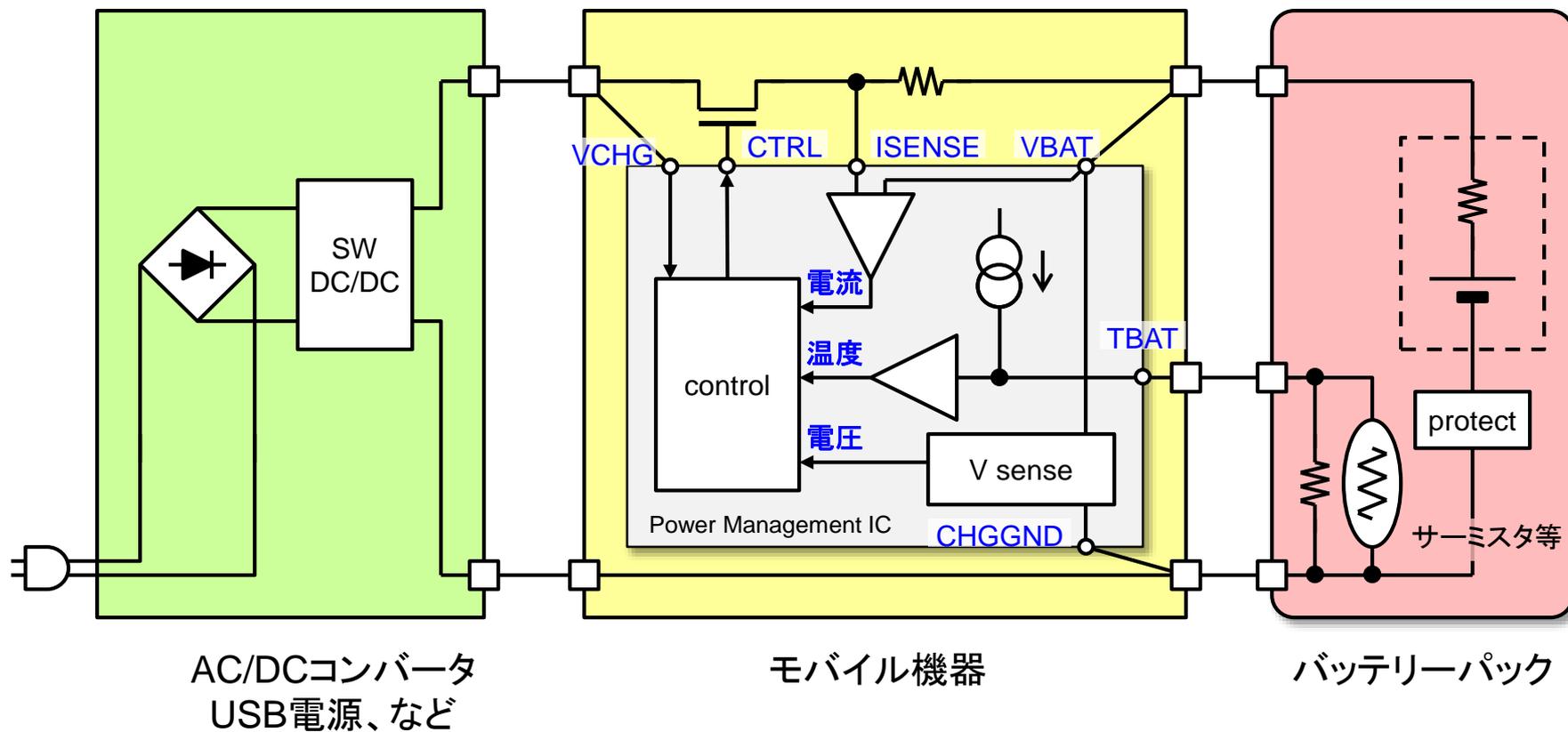
### 手法3 Bias Teeを使用



周波数帯域(参考値) : 10kHz~10MHz

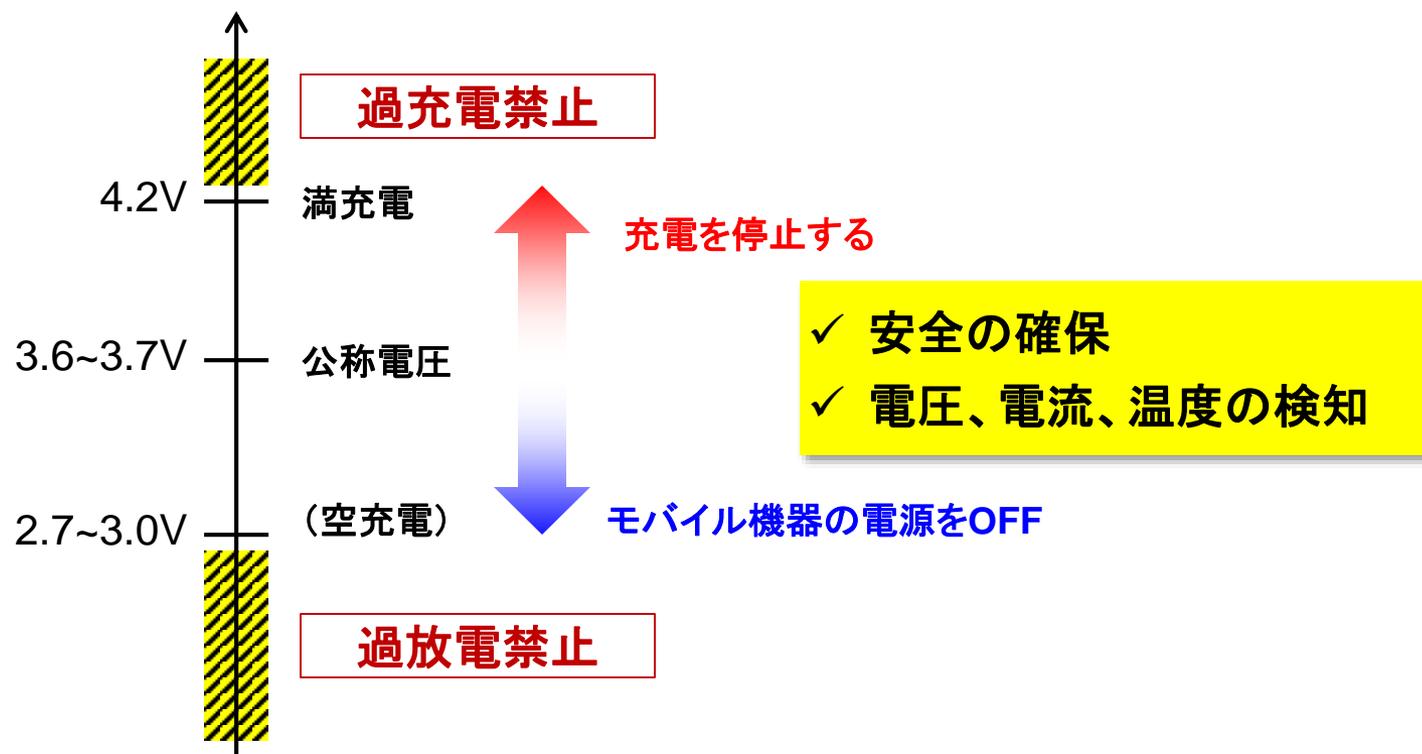
メリット	デメリット
100kHz以上でも対応できる場合がある	低周波が遮断される 振幅が容量や電流負荷に大きく影響され、使用できる状況は限られる。

### 3. 充電部



充電機能イメージ

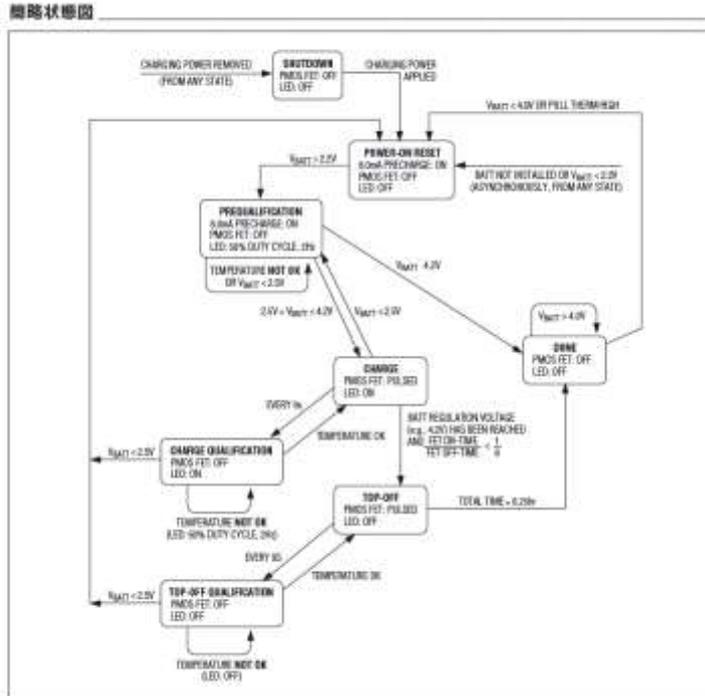
## 3-1. 充放電とパワーマネージメントの役割



1セル リチウム電池とパワーマネージメントICの動作

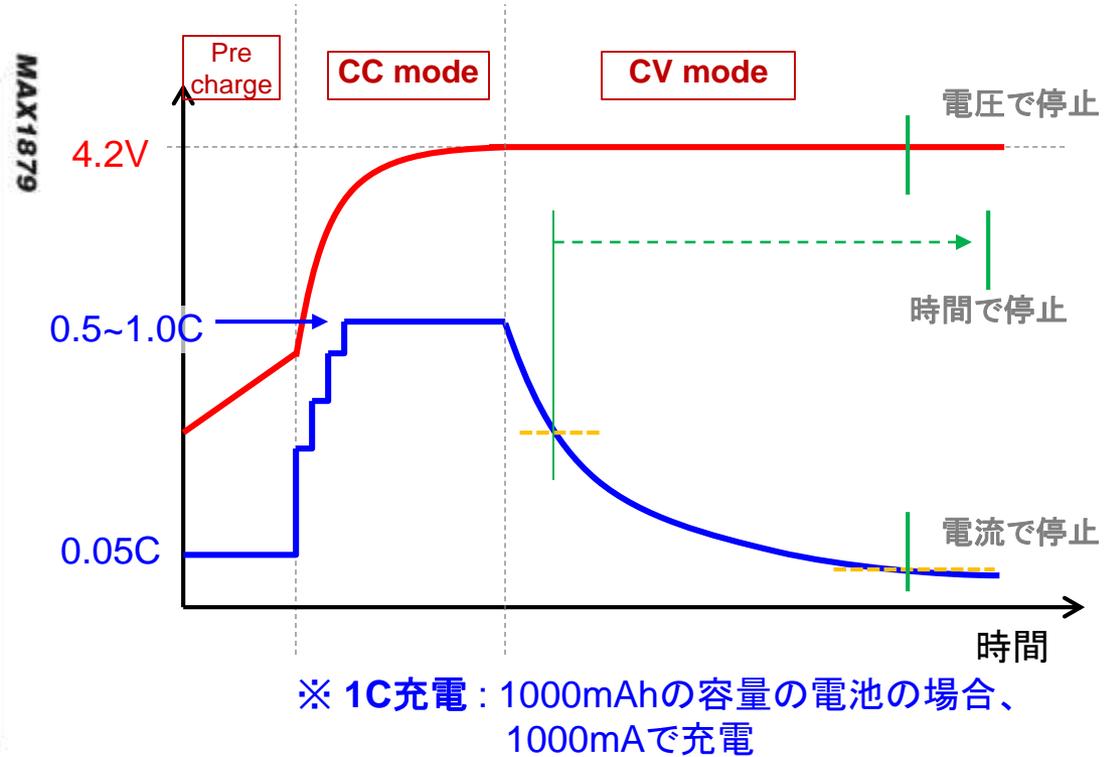
- 過充電と共に過放電も禁止される。
- 安全のため、精度の高い電圧検知機能を備える。
- 評価では±1mVの精度を十分に測定できる必要がある。

## 3-2. CCCVと状態遷移



ステートマシンとしての充電  
(状態遷移の例)

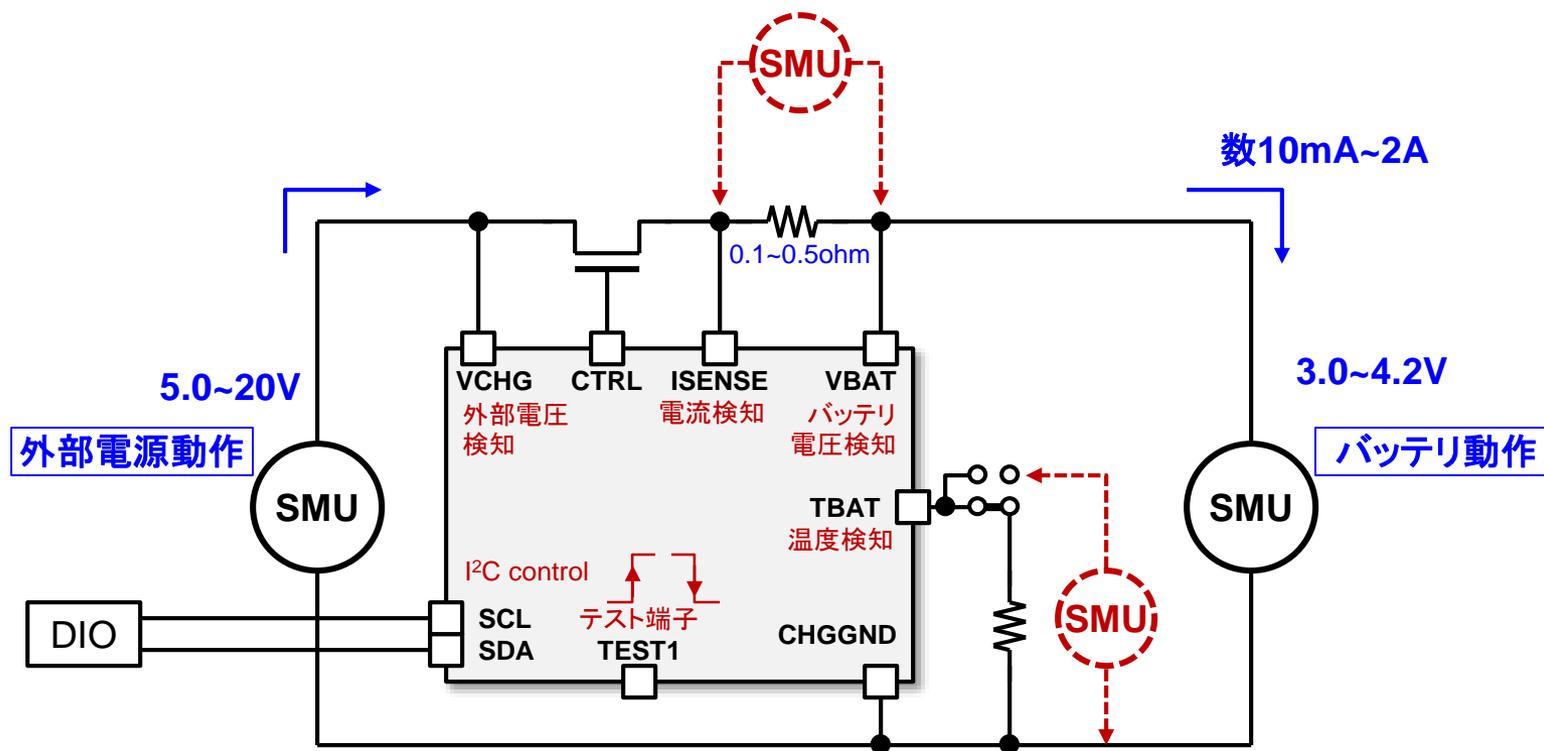
引用元：マキシム MAX1879データシート



CCCV(CVCC)モードの動作例

- 充電システムはホストプロセッサを必要としない自律システム。ステートマシン。
- 状態遷移は電圧検知で行う。バッテリー電圧、電流、温度の電圧検知。
- 評価では電圧検知の閾値、ヒステリシスを評価する。

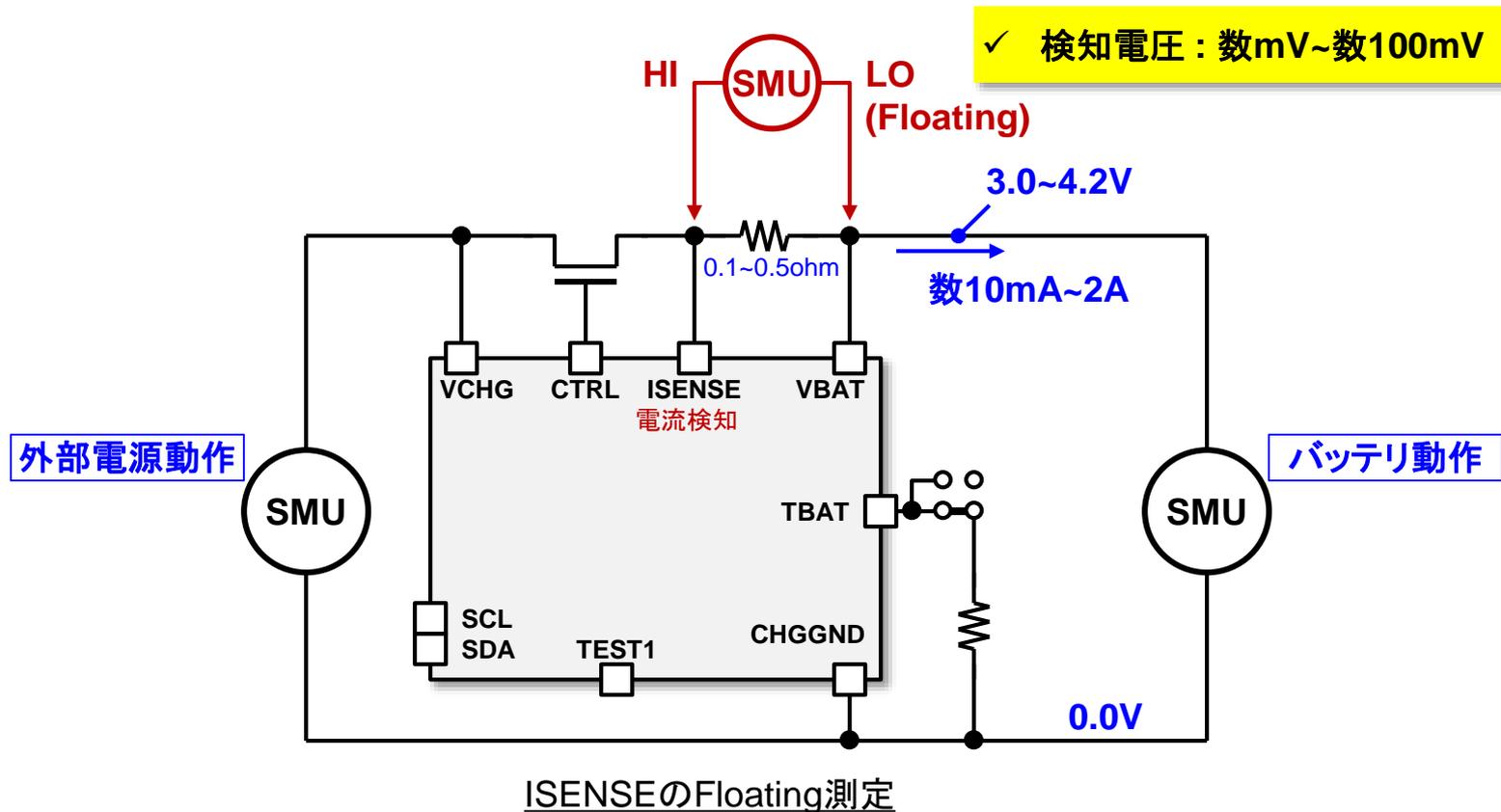
### 3-3. 充電制御テスト回路例



充電制御テスト回路例

- 温度、電圧、電流など複数の条件が状態遷移に関係するため、実使用に近い外付け回路を組む場合が多い。
- テスト端子(上図TEST1) から内部信号を出力して判定する。詳細はテストデザインによる。
- 状態遷移する電圧をSMUで確認する。

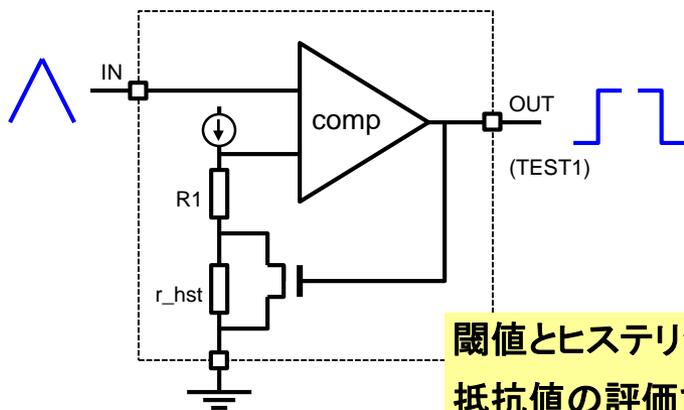
## 3-4. Floating測定, 差動測定



- 上図の例では、ISENSEの場合検知電圧は、数mV~数100mV。
- 差動測定で同相ノイズやバッテリー電圧変動を除去し、測定精度を上げる。
- SMUなど、LO側をFloatingにできる機器が必須。



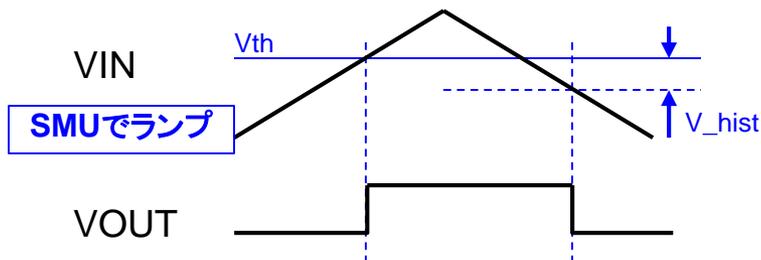
# 3-6. 閾値、ヒステリシス判定の工夫



閾値とヒステリシス評価は抵抗値の評価でもある。

ヒステリシス回路の例

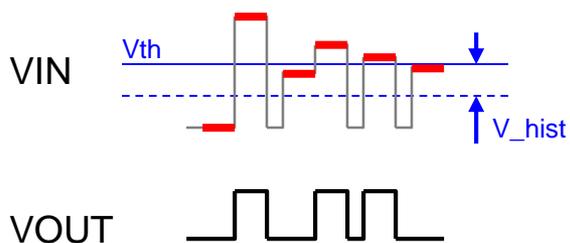
## [ 基本手法 ]



SMUでステップランプを作り、各電圧でVOUTを判定

基本手法

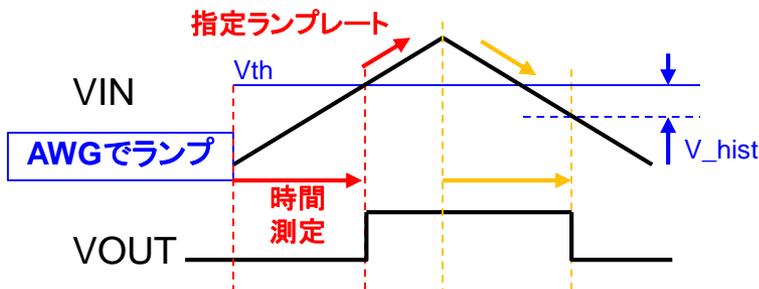
## [ 工夫1: バイナリサーチ手法 ]



時短に有効。ヒステリシスがあるため、リセットをしながらVthを追い込む。

リセット付 バイナリサーチ法

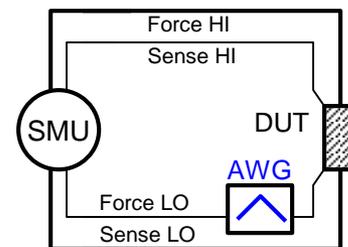
## [ 工夫2: 時間測定手法 ]



時間で、Vthを判定。波形発生器などランプスピードと正確な同期のコントロールができる場合、有効。

時間測定法

## [ 工夫3: SMUで波形生成 ]



測定は [工夫2] と同じ。ドライブ能力が必要な場合に適する。

SMU波形法

## 4. まとめ

### □ 電源の評価方法と実例をまとめた

- ✓ 負荷変動
- ✓ 効率評価
- ✓ スイッチングノイズ評価
- ✓ 入力変動
- ✓ PSRR

### □ 充電の基本事項と評価方法をまとめた

- ✓ CCCV動作
- ✓ テスト回路
- ✓ Floating測定
- ✓ 閾値、ヒステリシス測定



*Application Note  
Series*

Number 3203

2600Bシリーズ・システム・ソースメータ (SMU) と  
MSO/DPO5000シリーズまたはDPO7000シリーズ・  
オシロスコープを使用することで簡素化される  
DC-DCコンバータの特性評価

<http://www.keithley.jp/data?asset=57490> (英語版)



DC-DCコンバータの特性を微小電流領域まで  
正確に評価できるシンプルな測定ソリューション

— 2602A型システムソースメータの活用例 —

<http://www.keithley.jp/products/localizedproducts/allmaterials/2602A>

本テキストの無断複製・転載を禁じますテクトロニクス社 Copyright Tektronix

[www.tektronix.com/ja](http://www.tektronix.com/ja)

 **Twitter** [@tektronix\\_jp](https://twitter.com/tektronix_jp)  
 **Facebook** <http://www.facebook.com/tektronix.jp>

**Tektronix**<sup>®</sup>

**KEITHLEY**  
A Tektronix Company