Technical Note

測定対象の出力抵抗と、電圧計の入力抵抗による測定値への影響

DM7275, DM7276

1. 出力抵抗・入力抵抗の影響

正確に電圧を測定するためには、測定対象(電圧源)の出力抵抗と電圧計の入力抵抗に注意する必要があります。理想的な電圧源の出力抵抗は 0 Ω ですが、実際には必ず何 Ω かの出力抵抗が存在します(図 1)。大型の電池で数 m Ω 、小型の電池では数百 Ω にも上ります。ひずみゲージなどのブリッジ出力(図 2)や、測温抵抗体、サーミスタの出力電圧を測定する際は、数百 Ω ～数百 k Ω の出力抵抗を想定する必要があります。出力抵抗の小さな測定対象でも、テストプローブでコンタクトしている場合には、テストプローブの劣化による数 k Ω の接触抵抗を想定せねばなりません(図 3)。

測定対象の出力抵抗が大きい場合、電圧計の入力抵抗と分圧することにより測定値が減衰します(図 4)。例として、入力抵抗 10M Ω の電圧計で、出力抵抗が 1k Ω 、開放電圧 3V のコイン型電池を測定した場合、

$$\frac{10\mathrm{M\Omega}}{10\mathrm{M\Omega}+1\mathrm{k\Omega}}\times 3\mathrm{V} = 2.9997\mathrm{V}$$

と、およそ 0.01%の誤差になります。出力抵抗の影響を受けずに測定するためには、入力抵抗の大きな電圧計を使用する必要があります。一般的なデジタルマルチメータの入力抵抗は、100V レンジおよび 1000V レンジで約 10M Ω 、10V レンジ以下では 10M Ω または 10G Ω 以上が選択できます(表 1)。10V 以下の電圧を測定する場合には、入力抵抗を 10G Ω 以上に設定することで、測定対象の出力抵抗の影響を大幅に軽減できます。

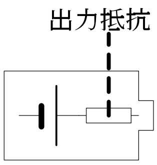

図 1. 出力抵抗

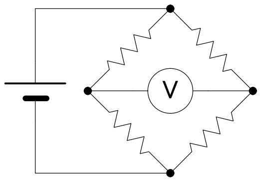

図 2. ひずみゲージの測定

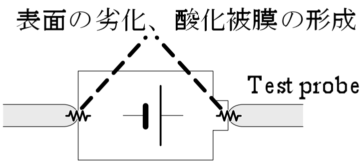

図 3. テストプローブの接触

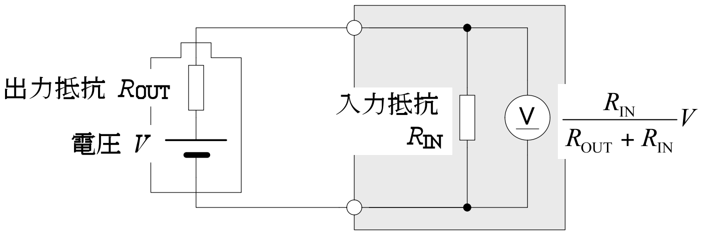

図 4. 電圧源の出力抵抗と測定値

表 1. デジタルマルチメータの入力抵抗

Measurement range	Input resistance R_{IN}
100mV	10MΩ or >10GΩ
1000mV	
10V	
100V	10MΩ
1000V	

2. 測定上の注意

電圧計の入力部には、一般的に高周波数成分の信号を除去するためのキャパシタが設けられています。測定対象を接続すると、このキャパシタが充電されます(図 5)。電圧計の入力抵抗が低い(10MΩなど)場合には、入力抵抗によりキャパシタは放電されます。一方、入力抵抗が高い(>10GΩなど)場合は、測定対象を切り離してもキャパシタはほとんど放電されません。このため、測定対象を切り離しても、しばらくは直前に測定した電圧に近い値を表示し続けます(図 6)。

測定値を確認しながら作業できる場合には問題となりませんが、複数の測定対象をリレーにより自動で切り替えながら測定する場合(スキャン測定)には注意が必要です。図 7 および図 8 は、二つの電池をリレーで切り替えながら測定する様子を示しています。CH1 は 3.7V の電池に正常に接続され、CH2 では 3.6V の電池を測定したいのですが、テストプローブの摩耗などにより正常に接続されていないと仮定します。CH1 測定時には、テストプローブが接触しているため、正常に3.7V の測定値が得られます(図 7)。一方、CH2 測定時にはテストプローブが接触しないため、CH1 測定時にキャパシタに充電された 3.7V 前後の値を指示してしまいます(図 8)。この現象は、電圧計の入力抵抗を下げる(10MΩなど)ことで回避可能ですが、前述した通り、テストプローブの接触抵抗が上昇した場合に誤差が大きくなってしまいます。

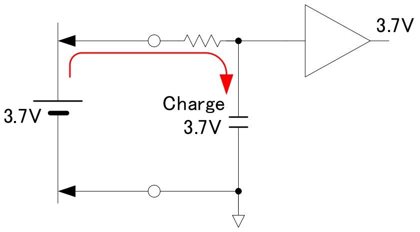

図 5. 測定対象を接続

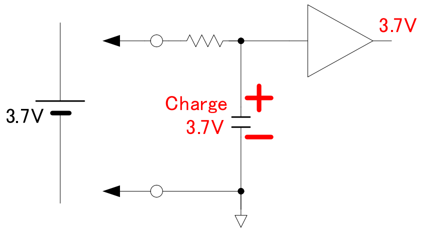

図 6. キャパシタの残留電荷

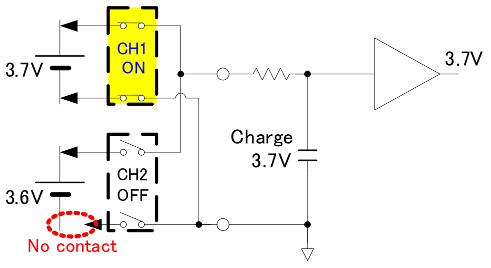

図 7. CH1 測定時 (正常)

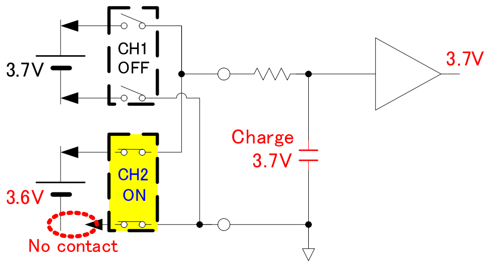

図 8. CH2 測定時 (テストプローブ外れ)

3. 実際の測定値

18650 サイズのリチウムイオン電池を 3 つ用意し、図 9 の測定系で CH1 から CH3 までスキャン測定を 5 回行いました。

図 10 は全チャネルを正常に接続して測定した結果です。CH2 では、安定して本来の 3.845V が得られています。図 11 は CH2 を開放して測定した結果です。CH2 では CH1 の測定値に近い 4V 前後の電圧が観測されています。

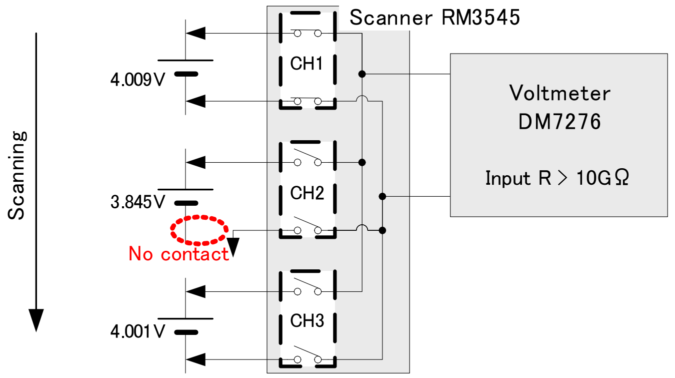

図 9. CH2 を接続あるいは開放して、スキャン測定

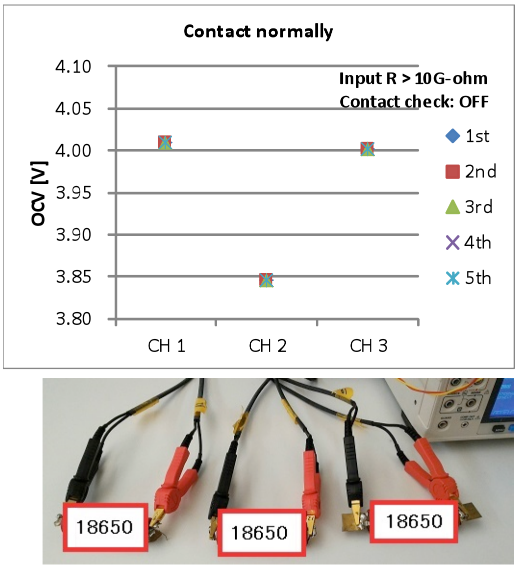

図 10. 全チャネル正常に測定

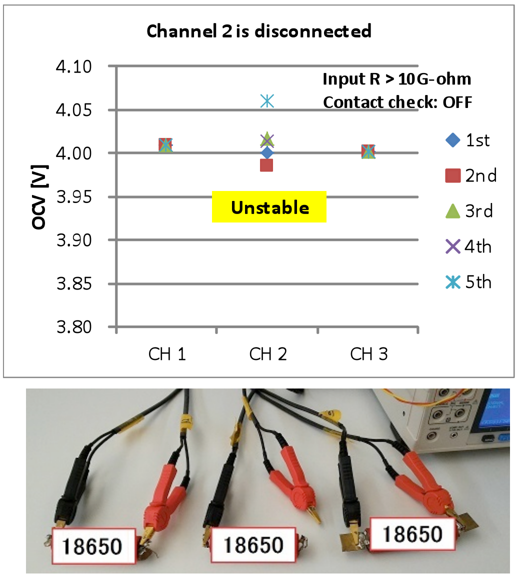

図 11. CH2 を開放して測定

4. 接続不良の対策

接続不良に対して、DM7276 などコンタクトチェック機能を搭載した電圧計を使用することが有効です。図 11 と同じ接続で、直流電圧計 DM7276 のコンタクトチェック機能を ON に設定し測定した結果を図 12 に示します。CH2 は測定値を表示せずコンタクトエラーとなり、良否判定を行いません。コンタクトチェック機能を使用することで、誤った測定を防止し、信頼性の高い検査を実現できます。

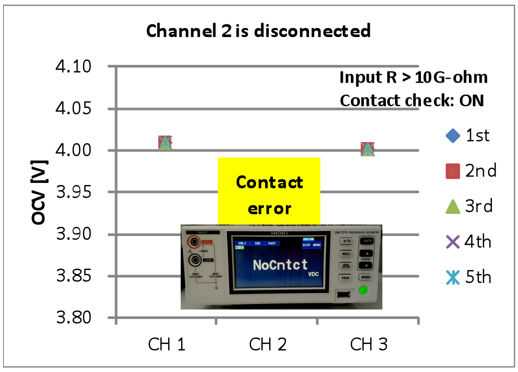

図 12. CH2 を開放し、直流電圧計のコンタクトチェック機能を有効する

5. まとめ

-1. 電圧測定において、測定対象の出力抵抗が大きい場合や、テストプローブの接触が悪い場合には、入力抵抗の大きな電圧計を使用する必要があります。

-2. 入力抵抗が大きな電圧計では、テストプローブを開放した状態でも 0V にならず、直前の測定値を引きずる傾向にあります。

-3. 接続不良による誤判定を防止するには、コンタクトチェック機能を搭載した電圧計を使用することが有効であり、直流電圧計 DM7276 がこれに対応しています。

HIOKI
日置電機株式会社

本　　社 TEL 0268-28-0555 FAX 0268-28-0559
〒386-1192 長野県上田市小泉 81

お問い合わせは 本社コールセンターへ

0120-72-0560

(9:00 ～12:00, 13:00 ～17：00, 土・日・祝日を除く)

TEL 0268-28-0560 FAX 0268-28-0569 E-MAIL: info@hioki.co.jp