Measurements International

８½のDMMや校正装置の直流電圧線形特性を校正する為、ポテンショメータを活用する

Measurements International

Measurements International

現状、出来る事と今後の目標

- 直流/交流の校正機器（8･1/2のDMMや校正装置）を高精度に校正する為の課題を調べる。
- リニアリティ特性の検証限界を明確にする。
- 校正精度改良と自動化した方法を提案する。

Measurements International

課題は …

- 8･1/2のDMMの能力検証には、一次標準研で使用されるレベルの機器が必要です。市販最良の校正装置でDMMの校正をすると、劣った精度でしか検証できません。
- 8･1/2表示の校正装置の検証にも、やはり、一次標準研での機器レベルが必要です。最良のDMMで検証すると、劣った精度の校正でしか実施できません。
- 8･1/2のDMMはA/D やD/A の線形性能は素晴らしく、既存の校正用電圧分圧器の精度以上であります。
- よってスケールや線形の評価方法は校正技術者が期待するレベルではありません。
- 工業界では、広い適用範囲で、校正付き高精度の8･1/2表示の機器は必要としています。

Measurements International

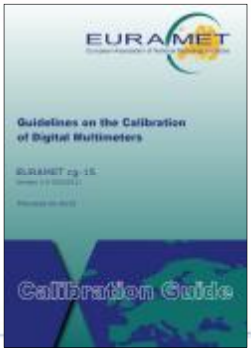
高性能DMM＆校正装置の仕様比較

校正点 直流電圧	メーカが紹介する機器仕様（不確かさ ppm）						
	市販の 6½ & 8½ デジタルマルチメータ例						校正装置
	K社 3****A (1 year)	F社 8***A (1 year)	K社 3***A (1 year)	F社 8*** (1 year)	H社 7*** (1 year)	A社 6*** (1Year)	F社 5***A (95% conf. 1 year)
1.0 V dc	47	32	10.3	5.0	11＋3μV	7.0	5.7
10.0 V dc	40	29	10.05	5.0	9＋12μV	5.2	3.75
10.0V 1 kHz ac	900	900	92.0	102.0		300	47.0
100 Ω	110	140	20.0	10.6		17	10.0
10 kΩ	110	110	13.5	10.6		8.5	6.5
10 mA dc	550	700	30.0	22.0		40	39.0
10 mA 1 kHz ac	0.14%	0.21%	505	610		500	138

Measurements International

DMM校正のガイドライン：EURAMET cg-15

- Euramet cg-15's では、高レベルなDMM（5 ½以上のDMM）の校正は7点での実施を求めています。
- 10%, 30%, 50%, 70%, 90%, -10%と-90%



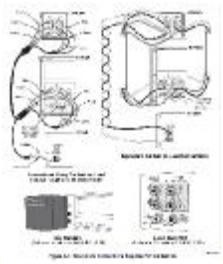
Measurements International

直流電圧の線形テストのため、メーカの実施推奨案

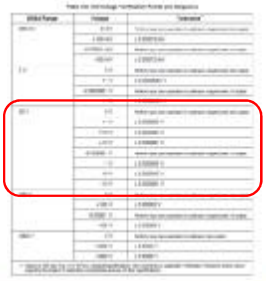
DMMs

Measurements International

- F社8***A は精度評価した57XX校正装置を活用することを 推奨しています。

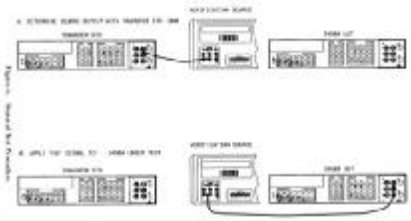


- 校正点は 両極性の95%, 50%, 5%の各電圧とゼロ（V）入力です。



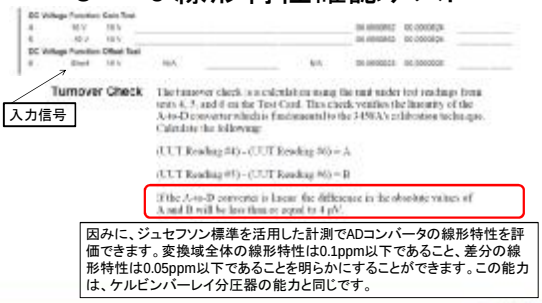
Measurements International

K社が紹介する3***Aの比較校正の方法：被試験対象UUTと校正済みの3***Aの比較。



Measurements International

3***'s 線形特性確認テスト

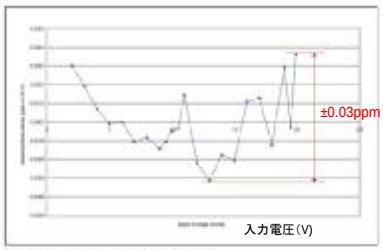


因みに、ジュセフソン標準を活用した計測でADコンバータの線形特性を評価できます。変換域全体の線形特性は0.1ppm以下であること、差分の線形特性は0.05ppm以下であることを明らかにすることができます。この能力は、ケルビンバーレイ分圧器の能力と同じです。

Measurements International

F社 8***A 線形性能テスト

(on a JJ Array)



Measurements International

直流電圧の線形テストのため、
メーカの実施推奨案

Calibrators

Measurements International

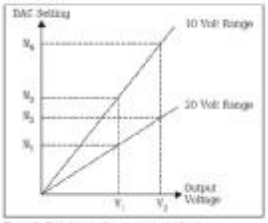
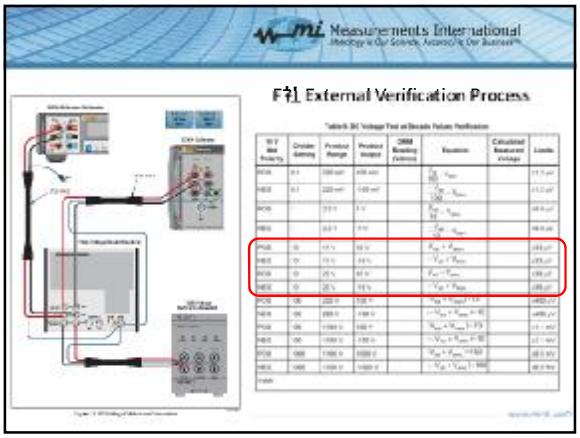


Figure 2. Digital-to-analog converter verification.

F社　57XX's

内部校正プロセス

- 校正装置　2点で出力し、高精度に測定する。
- 2つの異なった電圧レンジで測定する。
- この計測方法で、適切なDACの線形特性を評価する。



課題をまとめる

- レンジ/スケールの校正を複数点で実施することは、品質測定では通常の方法です。
- 8･1/2のデジタル計測器の直流電圧はジョセフソン接合システムで校正することがベストな方法です。

他に、スケールや線形特性を評価する方法はないのでしょうか？

代替案として、**ポテンショメータ**の活用を考えてみましょう。

ケルビン-バーレイ　分圧器

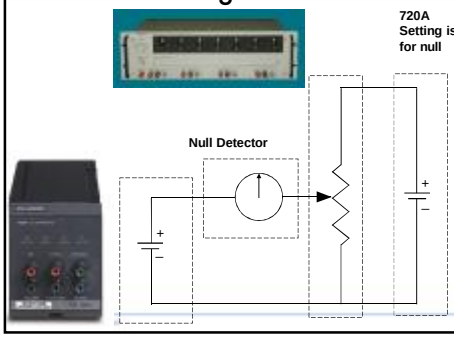
(since ~1963)

- キーになる特長
  - リニアリティ (0.1 ppm)
  - スケール長 (±1.099 999 X)
  - 固定の入力インピーダンス (10^5 Ohms)
- 比率
  - $V_o = V_{in}$ x Setting/$Term_{input}$
- 弱点
  - 操作が複雑
  - 価格
  - 低出力インピーダンスは計測対象の負荷になる。

最初は、1.018XXX Vの標準電圧セルと平衡がとれた高精度な電圧源として使われました。

Measurements International

Using a K-V Divider



Measurements International

UUTの5Vで線形テストで、計測器に関連した要約した誤差

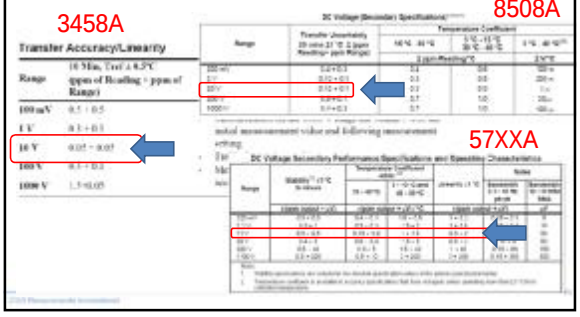
- 732B 参照標準の不確かさ
  - ±0.3 ppm :校正証明書と機器仕様から
- 720A ケルビン バーレイ分圧器
  - 入力の0.1ppm、これは±1 µV あるいはUUTの±0.5 ppm
- ヌル ディテクタ
  - ±0.1 µV またはUUTの ±0.1 ppm
- これら誤差を自乗加算のルートは ±0.6 µV
  これが720A**の**不確かさを支配する値になります。

Measurements International

残念ながら、K-Vの線形性能0.5ppmは8･1/2のデジタル機器を校正するのに、十分な仕様ではありません。

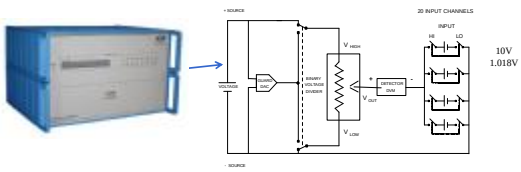
3458A

8508A



Measurements International

MI's 8000B DC 電圧校正システム



自己校正 バイナリー電圧抵抗分圧システム
運用には8･1/2のDMMと安定した10Vの参照電圧源が必要です。

Measurements International

市販の校正ポテンショメータ/分圧器　仕様比較

	Measurements International 8000B/8001B	720A ケルビン バーレイ 分圧器	フルーク 752A 参照電圧分圧器
感度/レンジ	Variable, 1 part in 9 digits	Variable, 1 part in 11 million	Fixed, 10:1 & 100:1 ratios
電圧比率の不確かさ	比率の0.05 ppm (リニアリティFSで <0.02 ppm 以下を含む)	入力の0.1 ppm (10V参照電圧で 1 μV)	比率10:1で出力の0.2 ppm 比率100:1で出力の 0.5 ppm ＋ 計測の不確かさ
入力インピーダンス	1.2 MΩ	110 kΩ 最大	380 kΩ と 2 MΩ
出力インピーダンス	40 kΩ	66 kΩ 最大	40 kΩ
自動化	可能	不可	不可

Measurements International

市販の校正ポテンショメータ分圧器の不確かさ比較

電圧	Measurements International 8000B/8001B (0.05 ppm ratio)	フルーク 7**A とケルビン バーレイ 分圧器 (0.1 ppm of reference)
1.0 V	±0.05μV	±1.0μV (1 ppm)
2.5 V	±0.125μV	±1.0μV (0.4 ppm)
5.0 V	±0.25μV	±1.0μV (0.2 ppm)
7.5 V	±0.375μV	±1.0μV (0.133 ppm)
10.0 V	±0.5μV	±1.0μV (0.1 ppm)

Measurements International

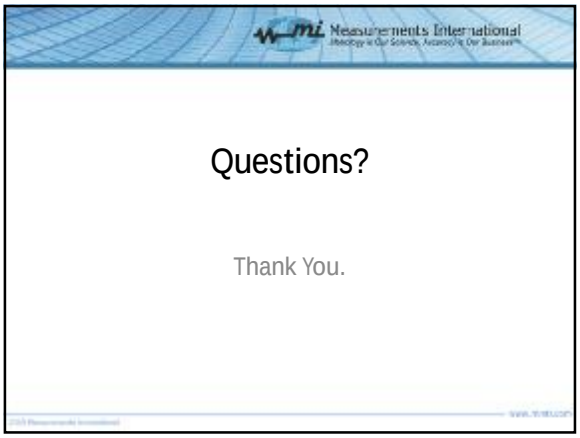
弊社MIの理解と今後の計画

- 産業界が、DMMや校正装置の計測範囲や線形性能を高精度に校正を行う実用的な装置を求めていることを、MIは理解しています。
- MI は8000Bシステムを使って実用方法を検証する校正機関と共同評価を進めています。
- 我々の希望は、産業界の希望に沿ったシステム提供することです。

Measurements International

結論

- ポテンショメータ8000B,8001Bは8・1/2のデジタル計測装置の計測レンジ、線形特性の不確かさを検証する上で、良好な仕様を有しています。
- ポテンショメータ8000B,8001Bの計測不確かさは、10Vレンジで 10% 以上、90% 以下のUUT入力電圧について、ケルビンバーレイより最高で20倍、良好な結果であった。
- ポテンショメータ8000B,8001Bは標準電圧源、計測器の校正に活用できる。
- 直流電圧の校正作業の自動化が可能です。


Measurements International
Questions?
Thank You.