

Tablo 1. Agilent 3458 marka bir DMM için teknik özellikler
(*Tcal*: kalibrasyon sıcaklığı, *Acal*: Son 24 saatte yapılan ve sıcaklık değişiminin $\pm 1^\circ\text{C}$ 'den az olduğu oto-kalibrasyon)

DC Voltage

Range	Full Scale	Maximum Resolution	Input Impedance	Temperature Coefficient (ppm of Reading + ppm of Range)/ $^\circ\text{C}$	
				Without ACAL ¹	With ACAL ²
100 mV	120.00000	10 nV	> 10 G Ω	1.2 + 1	0.15 + 1
1 V	1.20000000	10 nV	> 10 G Ω	1.2 + 0.1	0.15 + 0.1
10 V	12.0000000	100 nV	> 10 G Ω	0.5 + 0.01	0.15 + 0.01
100 V	120.000000	1 μV	10 M $\Omega \pm 1\%$	2 + 0.4	0.15 + 0.1
1000 V	1050.00000	10 μV	10 M $\Omega \pm 1\%$	2 + 0.04	0.15 + 0.01

Accuracy³ [ppm of Reading (ppm of Reading for Option 002) + ppm of Range]

Range	24 Hour ⁴	90 Day ⁵	1 Year ⁵	2 Year ⁵
100 mV	2.5 + 3	5.0 (3.5) + 3	9 (5) + 3	14 (10) + 3
1 V	1.5 + 0.3	4.6 (3.1) + 0.3	8 (4) + 0.3	14 (10) + 0.3
10 V	0.5 + 0.05	4.1 (2.6) + 0.05	8 (4) + 0.05	14 (10) + 0.05
100 V	2.5 + 0.3	6.0 (4.5) + 0.3	10 (6) + 0.3	14 (10) + 0.3
1000 V ⁶	2.5 + 0.1	6.0 (4.5) + 0.1	10 (6) + 0.1	14 (10) + 0.1

¹ $\pm 1^\circ\text{C}$ için ilave hata).

Tablo 2. Bir 4-digit DMM'nin teknik özellikleri.

DC Gerilim Skala: 300 mV, 3 V, 30 V, 300 V, 1000 V Doğruluk: $\pm(\text{Okuma için } 0.75\% + 3 \text{ Sayma})$ Giriş direnci: Min 10 M Ω
AC Gerilim Skala: 3 V, 30 V, 300 V, 750 V Doğruluk: $\pm(\text{Okuma için } 1.2\% + 4 \text{ Sayma})$ Maks frekans 500 Hz
DC Akım Skala: 300 μA , 3 mA, 30 mA, 300 mA, 10 A Doğruluk: $\pm(\text{Okuma için } 1.5\% + 5 \text{ Sayma})$
Direnç Skala: 300 Ω , 3 k Ω , 30 k Ω , 300 k Ω , 3 M Ω , 30 M Ω Doğruluk: $\pm(\text{Okuma için } 0.75\% + 3 \text{ Sayma})$

①

Digital Multimetre (DMM) Teknik Özellikleri

LSB : Least significant bit

DOR : Digits of Resolution

ppm : part per million, yani 0.000001

Bir DMM ile yapılan ölçümün sonucu cihazın

DOR değerine göre gösterilir. Genelde DOR değerleri

4-digits, 5 1/2 digits, 7 digits, 8 1/2 digits

Bir DMM için temel ölçü belirsizliği genelde

$$\pm (\text{Okuma yüzdesi} + \text{digit sayısı}) \quad \text{veya}$$
$$\pm (\text{Okuma yüzdesi} + \text{sayma (count) sayısı})$$

↓
"sayma" cihazın içindeki
ADC nin LSB sayısıdır.

Bazı DMM'lerde ise belirsizlik

$$\pm (\text{Okuma yüzdesi} + \text{skala (range) yüzdesi})$$

- Yüksek doğruluklu ve yüksek hızlı DMM'lerde belirsizlik ppm (1 ppm = 0.0001 %) olarak

$$\pm (\text{Okuma için ppm} + \text{skala için ppm})$$

(2)

Bütün elektronik cihazlarda olduğu gibi ölçü cihazları da zamanla sapar. Bu nedenle, ölçülerin doğruluğu ancak belli bir zaman dilimi için garanti edilebilir.

Değişim kalibrasyon anından başlayarak 24 saat, 90 gün veya 1 yıl olarak farklı zaman dilimlerinde olabilir.

DMM'lerde yapılan ölçümlerin belirsizliği ölçü yapılan ortam sıcaklığına da bağlıdır.

Genelde, sıcaklık nedeniyle ilave belirsizlik kalibrasyon sıcaklığı (T_{cal}) temel alınarak, örneğin $T_{cal} \pm 1^\circ C$ veya $T_{cal} \pm 5^\circ C$ şeklinde verilir. Bu sıcaklık aralığının dışında yapılan ölçümlere ait belirsizlik sıcaklık katsayısı (temperature coefficient, tempco) olarak ve

$$\pm (\% 0.0005 + 0.1 \text{ Sayma}) / ^\circ C \text{ veya}$$

$$\pm (\text{Okumanın milyonda } 5'i + \text{skalanın milyonda } 1'i) / ^\circ C$$

DC gerilim ölçümleri için örnek teknik özellikler Tablo-1 'de verilmiştir.

(3)

Örneğin Tablo-1 'deki DMM 10 V skalasında 8 V DC gerilim ölçülmüş olsun. Ölçüler kalibrasyon sıcaklığında ($T_{cal} = 23^{\circ}\text{C}$) ve kalibrasyondan sonraki 90 içinde yapılmış olsun.

Ölçüm doğruluğu Tablo-1 'deki gibi

$\pm (\text{Okuma için ppm} + \text{skala için ppm})$ olarak verilsin. Tablodaki doğruluk değerleri kullanılan kalibrasyon standardına bağlı, bağıl değerlerdir. Mutlak doğruluk, bu bağıl değerlere kalibrasyon izlenebilirlik değerinin eklenmesi ile elde edilir. Tablodaki izlenebilirlik hatası 2 ppm 'dir.

SORU-1 Söz konusu gerilim kalibrasyonu izleyen ilk 24-saat içinde ve $T_{cal} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de yapılmış ise ölçüm doğruluğu için ne söylenebilir?

YANIT Tablo-1 'den 10 V skalası ve kalibrasyondan ilk 24 saat için doğruluk

$$\pm (\text{Okuma için } 0.5 \text{ ppm} + \text{Skala için } 0.05 \text{ ppm})$$

verildiğine göre istenen belirsizlik

$$\pm (0.5 / 1000000 \times 8) + (0.05 / 1000000 \times 10) = \pm 4.5 \mu\text{V}$$

Veya 10 V skalasının milyonda 0.45 'i dir.

(4)

SORU-2 Söz konusu gerilim kalibrasyonu ilk 24-saatten sonra ve 24°C de yapılmış ise ölçüm doğruluğu ne olur?

YANIT ölçüm sıcaklığı ile kalibrasyon sıcaklığı arasındaki fark 4°C olduğundan ilave sıcaklık hatası söz konusu değildir. Tablodan, 10 V aralığı ve 90 gün için verilen doğruluk kullanılmalıdır.

$$\pm (\text{Okuma için } 4.1 \text{ ppm} + \text{Aralık için } 0.05 \text{ ppm})$$

Buradan toplam bağıl hata

$$\pm (4.1 \text{ ppm} \times 8 \text{ V}) + (0.05 \text{ ppm} \times 10 \text{ V}) = \pm 33.3 \mu\text{V}$$

SORU-3 Söz konusu gerilim kalibrasyonu ilk 24-saatten sonra ve 35°C de yapılmış ise ACAL varken ve yokken ölçüm doğruluğu için ne söylenebilir?
(ACAL : Auto-calibration)

YANIT Bir önceki soruda olduğu gibi bağıl hata yine

$$\pm (4.1 \text{ ppm} \times 8 \text{ V}) + (0.05 \text{ ppm} \times 10 \text{ V}) = \pm 33.3 \mu\text{V}$$

olacaktır. ACAL olmadan sıcaklık katsayısı

$$\pm ((0.5 \text{ ppm} \times 8 \text{ V}) + (0.01 \text{ ppm} \times 10 \text{ V})) \times 12^\circ\text{C} = \pm 61.2 \mu\text{V}$$

Bu ikisinin toplamından toplam bağıl hata

$$(33.3 + 61.2) = \pm 94.5 \mu\text{V} \text{ olur.}$$



(5)

Aynı koşullarda ACAL olduğunda hata belirsiz
biçimde düşecektir. Ölçüm sıcaklığı kalibrasyon
sıcaklığından 7°C fazladır ve standard
 $T_{cal} \pm 5^{\circ}\text{C}$ aralığının dışındadır. Böyle olduğu için
sıcaklık katsayısı $\pm ((0.15 \text{ ppm} \times 8\text{V}) + (0.01 \text{ ppm} \times 10\text{V}))$

$$\pm ((0.15 \text{ ppm} \times 8\text{V}) + (0.01 \text{ ppm} \times 10\text{V})) \times 7^{\circ}\text{C} = \pm 9.1 \mu\text{V}$$

Toplam bağıl hata ise

$$\boxed{(33.3 + 9.1) = \pm 42.4 \mu\text{V}} \text{ olur}$$

(6)

DMM'lerde gözünürlük ölçüm hızıyla ters orantılıdır.

Ölçü aralığı, ADC'nin giriş işaretini okuduğu süredir. Süre uzadıkça daha fazla örnek almak ve ortalama işlemi uygulayarak görüntüyü daha fazla süzmek mümkündür. Diğer bir deyişle, işaret-gürültü oranı (SNR) yüksektir.

DMM'lerin entegrasyon zamanı, şebeke frekansının tam katı olursa, ayrıca şebeke gürültüsünde az olacaktır. Buna normal mod reddi

(normal mode rejection, NMR) denir.

Entegrasyon zamanı genelde şebeke salınımı cinsinden (number of power line cycles, NPLC)

verilir. 60Hz ve 50Hz şebekeler için bir

salınım süresi sırasıyla 16.67 ms ve 20 ms dir.

Entegrasyon süresini bu değerlere veya tam sayı katlarına ayarlamak şebeke gürültüsünü azaltır. Öte günden bu süreyi artırmak ölçüm süresinde artıracığından bir optimum değer bulmak gerekir.

f_{rej}: elimine edilecek işaret frekansı

N_s: ortalama alınacak örnek sayısı ise



(7)

enteğrasyon süresi

$$T_a = NPLC / (N_s \times \text{frej}) \quad \text{olur}$$

Böylece DC gerilim gürültüsü önlenir.

Örneğin, $N_s = 40$ ve $NPLC = 3$ seçilirse, örnek aralığı 1.25 ms (veya 800 örnek/s) alınarak 60 Hz şebeke gürültüsü önlenir.

SORU: Tablo-2'deki k-digit DMM'nin doğruluğu, çözünürlüğü ve duyarlılığı için ne söylenebilir?

YANIT: Örneğin, 3 V skalasında DC gerilim ölçmek isterseniz. Bu durumda sonuç 2.543 V veya 1.902 V şeklinde göstereceğinden çözünürlük 0.001 V'dur.

Yüksek bir DC gerilim, örneğin 300 V skalasından ölçülecekse (göstergede 267.3 V veya 112.8 V) şeklinde görüleceğinden $1 \text{ Sayma} = 0.1 \text{ V}$ olur.

Yani çözünürlük bağıl bir parametredir.

Duyarlılık, en düşük skaladaki çözünürlüktür. Örneğin, DC gerilim ölçümü en düşük skala 300 mV'dur.

Bu skalada $1 \text{ Sayma} = 0.1 \text{ mV}$ (100 μV) olacağından

$$\text{duyarlılık} = 100 \mu\text{V} \quad \text{olur}$$