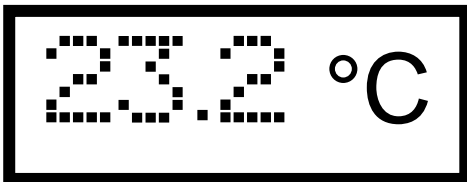


What is the Accurate meaning of Precision?

Preface

The terms accuracy, precision and resolution are very frequent in user's manuals. Charmeg also uses similar terms as "indication resolution" and "adjusting resolution" in the documents she issues. How obvious is the meaning of such scientific terms and what is the right way of using them? The present application note tries to clarify exactly this.

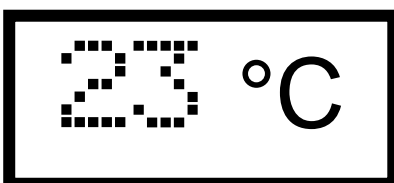
Terminology



Lets start from a plain digital display of a conventional room thermostat. The environmental temperature is presented here in a form likely this 23.2°C. The information behind the indication is that the current environmental temperature is 23.2°C. However no

measuring device is absolutely perfect. All of them suffer from various inaccuracies and usually tend to measure the temperature with a degree of untruth.

Accuracy is exactly that degree of correctness the measuring device has and it is reflected to every measured value. For example if according to the manufacturer specifications the accuracy of the above thermostat is +/-0.5°C that means the true temperature can lie everywhere between 22.7°C and 23.7°C. Indeed the indicated value is the most possible among the others , nobody can accuse the device if the real temperature is in fact between the above limits. Accuracy is a way to know how close to the reality the measuring instrument can be and simultaneously reflects the degree of correctness of each measurement.



Examine again the above thermostat display to focus on the meaning of term resolution. Resolution represents the minimum change or the measured magnitude that can be displayed from the device. In our case we have two digits for temperature representation of the integer part and one digit for the decimal.

The resolution is 0.1°C or in other words one tenth of a Celsius degree. The smallest portion of a temperature change is 0.1°C. Lets now consider a second thermostat having a two digit display. Only changes of integer part can be shown in such a display. Consequently in that case the resolution is ten times less and just 1°C. If only the letters 5 and 0 can be shown in the decimal part

of a display the resolution is 0.5°C simply because the device can't show any temperature variation smaller than a half of a degree.

In detail

The meaning of terms accuracy and resolution are absolutely different and they must not be confused. The MP-A thermostat has for instance accuracy $\pm 1^{\circ}\text{C}$ and resolution 0.1°C . Various questions arise very often.

- ❖ What is the reason for a $\pm 1^{\circ}\text{C}$ accurate thermostat to have such a high resolution? Despite we know that the decimal part is possibly incorrect what is the reason that enforces us to show it in the display?

In room thermostats or other devices of similar home use the knowledge of temperature with absolute accuracy is not a necessity. These devices are not intent to be used as scientific instruments. However it is useful to reach the temperature of comfort as close as we can by doing the smallest possible steps.

Another important reason is that the decimal part despite being fully unconfident can provide useful information regarding the temperature change tendency. A temperature series of 20.5°C , 20.6°C , 20.7°C represent a clear indication of a temperature increase. No information can be acquired in this case from a two digit display thermostat. Only when the temperature will exceed the 21°C limit the thermostat will show a temperature change.

Obviously the highest resolution comprise an important advantage.

- ❖ Why the manufacturers don't develop devices having the same accuracy and resolution? Isn't it a more straightforward option?

Accuracy in general is something that achieved and maintained hardly. A highly accurate thermostat would cost much more than usually and would demand recalibration from time to time in order to remain accurate according to the specifications. This would cost a lot of money and also would impose serious inconvenience. For that reasons a higher resolution and a slightly less accuracy seems to be the most appropriate decision.

- ❖ Is it possible for a device to have better accuracy than resolution? Would it be possible for a thermostat to be $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ accurate while having 1°C resolution?

It could be if it was necessary. Especially for a digital room thermostat this could be truth. A thermostat can have accuracy of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ and at the same time resolution as low as 1°C . Nevertheless such a decision seems weird as it costs a lot while it does not allow the fully accurate measurement exploitation. For instance the thermostat will show 23°C and will only switch to 24°C if the measured temperature be as close as $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ to the real

environmental temperature. The precious advantage of an accurate measurement would be throw away because of the inappropriate resolution.

- ❖ What is the difference between indication and adjusting resolution?

In general they have different meanings. In Charmeg products the two terms have also meanings they differ from each other but usually the same value. Therefore a thermostat having 0.1°C resolution when it shows the temperature can also be adjusted in 0.1°C steps. However this is not an obligation.

- ❖ I have heard the term precision. What is the meaning of that term? Does precision and accuracy mean the same?

We have already mentioned that accuracy reflects the correctness of a measurement. In other words represents how close to the reality is the acquired value. The term precision is something different that is strange to realize in everyday life. To be assisted lets see the forthcoming example. The real temperature is 23°C. A room thermostat named (A) shows wrongly the following values of temperature:

22.6°C, 22.7°C, 22.8°C.

Another thermostat (B) for the same environmental temperature has also incorrect measurements and shows the next:

22.5°C, 22.6°C, 22.7°C, 22.8°C, 22.9°C.

The average of the above two sets of values is the same 22.7°C. For this reason both thermostats are equally accurate. However the (A) is much more precise.

To distinguish between the two terms we could say that accuracy has to do with the truth, the correctness of a result while precision depends on the propagation of those results over the time.

Ποιο το Ορθό περιεχόμενο του όρου Ακρίβεια;

Γενικά

Συχνά διαβάζουμε στα εγχειρίδια των συσκευών τους όρους ακρίβεια, ορθότητα, ανάλυση και διακριτική ικανότητα. Η Charmeg αντίστοιχα χρησιμοποιεί τους όρους ακρίβεια μέτρησης και ακρίβεια απεικόνισης στα εγχειρίδιά της. Πόσο καλά γνωρίζουμε τι σημαίνουν οι όροι αυτοί και πώς μπορούμε να τους χρησιμοποιήσουμε προς όφελός μας; Το τεχνικό αυτό άρθρο επιχειρεί να διαλευκάνει το νόημα και τη χρήση των όρων αυτών.

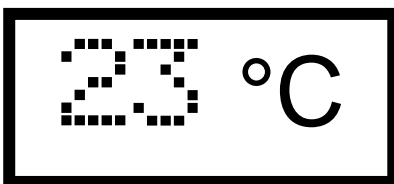
Ορισμοί



Ξεκινώντας από την οθόνη ενός ψηφιακού θερμοστάτη έχουμε για παράδειγμα την απεικόνιση της θερμοκρασίας με τη μορφή 23.2°C. Η συσκευή μας πληροφορεί ότι η τρέχουσα θερμοκρασία του χώρου είναι 23.2°C. Καμία όμως συσκευή δεν είναι τέλεια. Διάφοροι παράγοντες

επιηρεάζουν τη μέτρηση με αποτέλεσμα η μετρούμενη θερμοκρασία να μην είναι συχνά η πραγματική.

Με τον όρο **ακρίβεια** εννοούμε το πόσο κοντά στην πραγματική τιμή βρίσκεται η μετρούμενη από τη συσκευή τιμή. Μπορεί π.χ. ο κατασκευαστής να μας πληροφορεί ότι η ακρίβεια (μέτρησης) είναι +/-0.5°C. Αυτό σημαίνει ότι η τιμή 23.2°C που λάβαμε έχει μεγάλη πιθανότητα να είναι σωστή αλλά η πραγματική θερμοκρασία μπορεί να είναι κάλλιστα από 22.7°C έως 23.7°C. Η ακρίβεια με άλλα λόγια είναι ο βαθμός ορθότητας της μέτρησης, το πόσο σωστή είναι η μέτρηση αυτή. Διαφορετικά εκφράζει το πόσο κοντά βρίσκεται η μετρούμενη τιμή στην πραγματικότητα.



Χρησιμοποιώντας την ίδια οθόνη του θερμοστάτη σαν αφετηρία ας δούμε τη σημασία του όρου **ανάλυση** (ακρίβεια απεικόνισης, διακριτική ικανότητα). Όταν λέμε ανάλυση εννοούμε τη μικρότερη διαφορά που μπορεί να απεικονίσει η οθόνη του οργάνου. Στην περίπτωση μας έχοντας δυο ψηφία

για το ακέραιο μέρος και ένα ψηφίο για τα δέκατα λέμε ότι έχουμε ανάλυση δεκάτου του βαθμού ή 0.1°C. Η μικρότερη διαφορά που μπορεί να δείξει η οθόνη είναι 0.1°C. Αυτό ακριβώς είναι η ανάλυση ή διακριτική ικανότητα (η Charmeg χρησιμοποιεί και τον όρο ακρίβεια απεικόνισης). Ένας θερμοστάτης η οθόνη του οποίου εμφανίζει μόνο ακέραιες τιμές θερμοκρασίας π.χ. 23°C έχει

ανάλυση 1°C. Ένας άλλος που απεικονίζει μόνο το 0.5 στο δεκαδικό του μέρος έχει ανάλυση 0.5°C γιατί η ελάχιστη δυνατή διαφορά θερμοκρασίας που μπορεί να απεικονιστεί είναι 0.5°C.

Αναλυτικά

Οι έννοιες ακρίβεια και ανάλυση είναι απολύτως διαφορετικές και δεν πρέπει να συγχέονται. Ο θερμοστάτης MP-A για παράδειγμα έχει ακρίβεια +/-1°C και ανάλυση 0.1°C. Προκύπτουν συχνά διάφορα ερωτήματα.

- ❖ Γιατί ένας θερμοστάτης με ακρίβεια +/-1°C να έχει ανάλυση 0.1°C; Αφού δηλαδή όταν δείχνει 25.0°C αυτό μπορεί να σημαίνει 24.0°C έως 26.0°C γιατί πρέπει να δείχνει τη θερμοκρασία ανά δέκατο του βαθμού;

Η απάντηση είναι ότι πολλές φορές σε τέτοιες συσκευές δε μας ενδιαφέρει η απόλυτα σωστή τιμή της θερμοκρασίας αλλά αντίθετα η δυνατότητα να προσεγγίζουμε τη θερμοκρασία του χώρου με όσο δυνατόν μικρότερα βήματα. Ένας άλλος λόγος είναι ότι βλέποντας τη διακύμανση του δεκαδικού ψηφίου σχηματίζουμε αμέσως άποψη για το εάν η θερμοκρασία ανεβαίνει ή κατεβαίνει. Αν παρατηρήσουμε το δεκαδικό ψηφίο σε μια σειρά ενδείξεων 20.5°C, 20.6°C, 20.7°C είναι σαφές ότι η θερμοκρασία ανεβαίνει. Σε ένα διψήφιο θερμοστάτη η διαπίστωση της θερμοκρασιακής ανόδου γίνεται μόνο όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 21°C. Επομένως η αυξημένη ανάλυση αποτελεί πλεονέκτημα παρόλο που η ένδειξη του δεκαδικού ψηφίου έχει μεγάλη αβεβαιότητα και κατά πάσα πιθανότητα διαφέρει από την πραγματικότητα.

- ❖ Γιατί δεν έχει ο θερμοστάτης την ίδια ακρίβεια και ανάλυση ώστε τα πράγματα να είναι απλούστερα;

Η ακρίβεια μέτρησης είναι κάτι που δύσκολα επιτυγχάνεται και δύσκολα διατηρείται. Ένας θερμοστάτης με μεγάλη ακρίβεια θα κόστιζε πολύ ακριβότερα από ότι συνήθως και θα απαιτούσε επαναρύθμιση σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να διασφαλιστεί ότι η ένδειξή του βρίσκεται εντός των ορίων της δηλωμένης ακρίβειάς του. Κάτι τέτοιο θα ήταν πολύ δαπανηρό και ενοχλητικό. Γι αυτό τις περισσότερες φορές προτιμάμε την επιλογή μιας ελαφρώς υποβαθμισμένης ακρίβειας και ταυτόχρονα την υψηλότερη ανάλυση.

- ❖ Μπορεί η ακρίβεια μιας συσκευής να είναι μεγαλύτερη από την ανάλυσή της; Δηλαδή μπορεί ένας θερμοστάτης να έχει ακρίβεια +/-0.1°C ενώ η ανάλυσή του είναι 1°C;

Η απάντηση είναι ότι εξαρτάται. Αν μιλάμε για έναν ψηφιακό θερμοστάτη χώρου αυτό είναι δυνατό. Μπορεί δηλαδή η ακρίβεια να είναι +/-0.1°C και ο θερμοστάτης να δείχνει μόνο ακέραιους βαθμούς. Ωστόσο κάτι τέτοιο κοστίζει ακριβά και στην ουσία δεν επιτρέπει την εκμετάλλευση αυτής της δαπανηρής και ακριβούς μέτρησης λόγω περιορισμένης ανάλυσης. Για να γίνει αυτό πιο κατανοητό αρκεί να πούμε ότι ένας τέτοιος θερμοστάτης θα δείχνει ότι

η θερμοκρασία είναι 23°C και θα μεταπέσει στο επόμενο 24°C όταν θα βρίσκεται +/- 0.1°C μακριά από την κανονική θερμοκρασία. Όμως μέχρι να δείξει 24°C η οθόνη θα απεικονίζει 23°C και το πλεονέκτημα της υψηλής ακρίβειας θα έχει χαραμιστεί λόγω περιορισμένης ανάλυσης (ή αλλιώς ακρίβειας απεικόνισης).

- ❖ Η ακρίβεια απεικόνισης και ρύθμισης είναι διαφορετικά πράγματα;
Θα μπορούσαν να είναι διαφορετικά. Στα προϊόντα Charmeg αυτό δε συμβαίνει. Ακρίβεια απεικόνισης και ρύθμισης είναι ίδιες σαν τιμή αλλά διαφέρουν σαν έννοιες. Έτσι όταν ένας θερμοστάτης δείχνει τη θερμοκρασία σε δέκατα του βαθμού μπορεί να ρυθμιστεί και σε δέκατα του βαθμού. Οι δυο αναλύσεις είναι 0.1°C. Θα μπορούσαν όμως να μην έχουν την ίδια τιμή.

- ❖ Έχω ακούσει τον όρο precision. Ποια είναι η σημασία του και ποια η διαφορά του από τον όρο accuracy;

Είπαμε ότι ακρίβεια σημαίνει κατά κάποιον τρόπο το βαθμό της ορθότητας της μέτρησης. Γι αυτό και είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε τον όρο **ορθότητα** αντί ακρίβεια όταν αναφερόμαστε στο βαθμό της αλήθειας που κρύβεται πίσω από μια μέτρηση. Η ορθότητα είναι αυτό που στην αγγλική αποδίδεται με τον όρο accuracy. Ο όρος precision είναι καλύτερα τότε να αντιστοιχίζεται στην έννοια της ακρίβειας. Η ακρίβεια δύσκολα γίνεται αντιληπτή από τον καθημερινό άνθρωπο και ακόμα δυσκολότερα όταν αναφερόμαστε σε μέτρηση που γίνεται από ένα θερμοστάτη χώρου. Ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Αν η θερμοκρασία του χώρου είναι 23°C έστω ο θερμοστάτης χώρου (A) που δείχνει τιμές που κυμαίνονται μεταξύ των:

22.6°C, 22.7°C, 22.8°C.

Έστω τώρα θερμοστάτης χώρου (B) που για την ίδια θερμοκρασία περιβάλλοντος δείχνει τιμές που κυμαίνονται μεταξύ των:

22.5°C, 22.6°C, 22.7°C, 22.8°C, 22.9°C.

Οι θερμοστάτες αυτοί έχουν την ίδια ορθότητα αλλά ο (A) είναι μεγαλύτερης ακρίβειας από τον (B). Συνεπώς για δεδομένες και σταθερές συνθήκες η ακρίβεια (precision) εκφράζει τη διασπορά των λαμβανομένων τιμών και η ορθότητα (accuracy) το βαθμό προσέγγισης της πραγματικότητας.