UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Selezione pubblica, per esami, per l'assunzione a tempo indeterminato di n. 1 unità di personale di categoria D1 - area tecnica, tecnico-scientifica ed elaborazione dati, in regime di tempo pieno, presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche
(Bando emanato con D.D.G. n. 234 del 17.6.2020 - Avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana IV s.s. n. 49 del 26.6.2020)

VERBALE N. 8 - PROVA ORALE

Il giorno 22.10.2020 alle ore 8.30 presso la Direzione del DIISM si è riunita la Commissione Giudicatrice del concorso indicato in epigrafe.

La Commissione, nominata con D.D.G. n. 298 del 25/08/2020 è presente al completo ed è così costituita:

Presidente	Prof. Nicola Paone
Componente	Prof. Maurizio Bevilacqua
Componente	Prof. Lorenzo Scalise
Segretario	Sig.ra Antonella Rossi

Per lo svolgimento in presenza della prova orale saranno adottate tutte le misure di sicurezza volte a contrastare la diffusione del COVID-19, in applicazione della normativa vigente in materia.
Sono state altresì effettuate le procedure di sanificazione necessarie per l'utilizzo sia dell'Aula d'esame sia dei servizi igienici.
La Commissione è provvista di idonei DPI e adotterà le dovute precauzioni igieniche, in particolare per le mani.

La prova orale verterà sulle materie indicate all'art. 7 "Programma e prove d'esame" del bando e comprenderà anche l'accertamento della conoscenza della lingua inglese e delle applicazioni informatiche come stabilito nel bando medesimo.

Sulla base di quanto stabilito dalla Commissione nella seduta del 06/10/2020, il Presidente ricorda che l'attribuzione del punteggio della prova orale terrà conto dei seguenti criteri:
1) *pertinenza e completezza delle risposte fornite*
2) *livello di approfondimento*
3) *chiarezza espositiva e capacità di sintesi*

La prova orale si intende superata con la votazione di almeno 7/10.

La Commissione prepara 3 buste contenenti ciascuna i numeri da 1 a 8. Le buste sono contrassegnate con la dicitura: "Orale", "Informatica" e "Inglese".

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Selezione pubblica, per esami, per l'assunzione a tempo indeterminato di n. 1 unità di personale di categoria D1 - area tecnica, tecnico-scientifica ed elaborazione dati, in regime di tempo pieno, presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche
(Bando emanato con D.D.G. n. 234 del 17.6.2020 - Avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana IV s.s. n. 49 del 26.6.2020)

Allegato 1

Traccia orale n.1: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

1.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di vibrazione con accelerometro piezoelettrico su un motore elettrico.

1.b Si descriva l'utilizzo del diagramma di Pareto come strumento per il controllo di qualità in contesto industriale.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.2: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

2.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di forza con trasduttore di forza su un provino sottoposto a compressione.

2.b Si descriva una tecnica d'ispezione non distruttiva che possa essere utilizzata su di un componente metallico realizzato in additive manufacturing.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.3: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

3.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di temperatura con termocoppia in un forno.

3.b Si descriva la funzione del manuale della qualità in un contesto industriale.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.4: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

4.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di pressione con trasduttore a membrana in un circuito pneumatico.

4.b Si descriva la procedura di misura con ultrasuoni per l'ispezione di un componente in materiale composito.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.5: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

5.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di velocità con tubo di Pitot in una galleria del vento.

5.b Si descriva il ciclo del miglioramento continuo.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.6: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

6.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di portata in un impianto idraulico.

6.b Si descriva l'utilizzo di diagrammi di correlazione come strumento per il controllo di qualità in un contesto industriale.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.7: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

7.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di angolo di rotazione in un meccanismo.

7.b Si descriva brevemente l'utilizzo degli istogrammi come strumento per il controllo di qualità in un contesto industriale.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia orale n.8: il candidato scelga una tra le due domande e la discuta in non più di 15 min.

8.a Si descriva la catena di misura e la procedura da implementare per effettuare una misura di livello in serbatoio contente liquido.

8.b Si descriva la tecnica termografica per i controlli non distruttivi.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Selezione pubblica, per esami, per l'assunzione a tempo indeterminato di n. 1 unità di personale di categoria D1 - area tecnica, tecnico-scientifica ed elaborazione dati, in regime di tempo pieno, presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche
(Bando emanato con D.D.G. n. 234 del 17.6.2020 - Avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana IV s.s. n. 49 del 26.6.2020)

Allegato 2

Traccia 1 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

1. Dato il file dati allegato, composto da due colonne di valori: Serie temporale (in s) e segnale (in V):

   a. Si calcoli il valore di massimo, il valore picco-picco, la media del segnale registrato nel file dati allegato. Si ottenga un nuovo segnale sottraendo la media al segnale originale.
   b. Si rappresenti il grafico dei due segnali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed il titolo del grafico.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 2 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

2. Dato il file dati allegato, composto da due colonne di valori: Serie temporale (in s) e vibrazione in m/s^2:

   a. Si calcoli il valore RMS (radice del valor quadratico medio) e la media del segnale registrato nel file dati allegato. Si ottenga un nuovo segnale sommando la media al segnale originale.
   b. Si rappresenti il grafico dei due segnali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed il titolo del grafico.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 3 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

3. Dato il file dati allegato, composto da due colonne di valori: Serie temporale (in s) e vibrazione in m/s^2:

   a. Si calcoli il segnale di ampiezza tripla rispetto al segnale registrato nel file dati allegato ed il segnale differenza tra il segnale appena calcolato e quello originale. Si calcoli infine il valor medio del segnale differenza.
   b. Si rappresenti il grafico dei due segnali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed la legenda.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 4 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

4. Dato il file dati allegato, composto da due colonne di valori: Serie temporale (in s) e vibrazione in m/s^2:

   a. Si calcoli il valor medio del segnale e si sottragga tale valor medio al segnale originale. Si calcoli infine il valore RMS del segnale risultante.
   b. Si rappresenti il grafico dei due segnali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed la legenda.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 5 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

5. Dato il file dati allegato, composto da due colonne di valori: Serie temporale (in s) e segnale in V:

   a. Si calcoli il valore assoluto del segnale e si sottragga il valor assoluto al segnale stesso. Si calcoli il valore medio del segnale risultante.
   b. Si rappresenti il grafico dei due segnali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed la legenda.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 6 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

6. Dato il file dati allegato, composto da due colonne di valori: Serie temporale (in s) e vibrazione in m/s^2:

   a. Si calcoli il valore assoluto ed il valore medio del segnale. Poi si sottragga il valore medio del segnale originale. Si calcoli il valore RMS del segnale risultante.
   b. Si rappresenti il grafico dei due segnali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed la legenda.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 7 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

7. Dato il file dati allegato, ottenuto da un processo di taratura di un potenziometro con una slitta micrometrica, e composto da due colonne di valori: Spostamento slitta micrometrica (in mm) e tensione uscita potenziometro (mV) :

   a. Si rappresentino su di un grafico i valori contenuti nel file allegato e la retta di regressione lineare (retta di taratura), inserendo le etichette degli assi, le unità di misura ed la legenda.
   b. Si calcoli il campo di misura dello strumento tarato.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 8 prova di conoscenza informatica (15 minuti al computer)

8. Dati il file dati allegato, che contiene tre colonne, la prima relativa al tempo (in s), le altre due relative alle risposte al gradino di due termocoppie (in °C):

   a. Si rappresentino su un grafico le due serie temporali, inserendo le etichette degli assi, le unità di misura e la legenda.
   b. Si calcoli il valor medio della differenza tra i due segnali.

Si esegua il compito utilizzando, a scelta, uno o più tra i seguenti ambienti di calcolo: MS Excel, Matlab Labview.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Selezione pubblica, per esami, per l'assunzione a tempo indeterminato di n. 1 unità di personale di categoria D1 - area tecnica, tecnico-scientifica ed elaborazione dati, in regime di tempo pieno, presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche
(Bando emanato con D.D.G. n. 234 del 17.6.2020 - Avviso pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana IV s.s. n. 49 del 26.6.2020)

Allegato 3

Traccia 1

To eliminate the requirement for *h* and *DE,* the invariant speed of light, *c,* was used in 1983, to redefine the standard meter as the distance that light travels in free space in 1/299,729,458 seconds (3.3363420 ns). Frequency stabilized laser sources are used to realize this definition [Sirohi and Kothiyal, 1991].

Gauge blocks are used as secondary standards for length. These are generally plati-num alloy or stainless steel cubes or blocks, whose dimensions are established interferometrically to within a fraction of a wavelength of light, and whose faces are polished to optical smoothness. Gauge blocks are used to calibrate micrometers and to set up precision mechanical and optical systems.

1.4.3.3 Temperature

The SI unit of temperature is the kelvin. The standard reference temperature is defined by the *triple point* of water, at which the pressure and temperature are adjusted so that ice, water and water vapor exist simultaneously in a closed vessel. The triple point of pure water occurs at +0.0098°C (273.16K) and 4.58 mmHg pressure. The kelvin was defined in 1967, at the thirteenth CGPM, to be the unit of thermodynamic temperature, equal to 1/273.16 of the thermodynamic temperature of the triple point of water. Other primary, fixed temperature points are also used for temperature calibration—the boiling point of 0_2 (-182.97°C), the boiling point of sulfur (444.6°C), the freezing point of silver (960.8°C), and the freezing point of gold (1,063°C)—all at atmospheric pressure. Absolute zero is at O K, or -273.15°C. Clearly, Celcius and Kelvin temperature scales have the same slope.

Since so many physical and chemical phenomena are strong functions of temperature, there are many ways of measuring temperature, as will be seen in Chapters 6 and 7 of this text.

1.4.3.4 The SI Base Units

The fundamental SI units, determined by international treaty signed in 1960 are given in Table 1.2.

All other physical and electrical units are derived from the basic SI units (L, T, M, I, etc.). For example, charge, Q, has the dimensions of IT. Force in Newtons, *F,* has the dimensions of MLT^{-2}; this follows from Newton's $F = ma$. The volt (unit of potential difference) has the dimension of joule/coulomb; in SI units, the volt is $ML^2T^{-3}I^{-1}$. The MKS units of the volt are $ML^2T^{-2}Q^{-1}$. Current density, *I,* in amperes/meter has the SI dimensions of IL^{-1}. the MKS dimensions of *I* are $QT^{-1}L^{-1}$. Finally, the SI dimensions of the ohm are $ML^2T^{-3}I^{-2}$.

TABLE 1.2

The Basic SI Units

Quantity	Unit	Approx. Uncertainty
Length	meter (m) {L}	3×10^{-11}
Time	second (s) {T}	1×10^{-13}
Mass	kilogram (kg) {M}	5×10^{-9}
Electric current	ampere (A) {I}	1×10^{-6}
Temperature	kelvin (K) {O}	2.5×10^{-4}
Luminous intensity	candela (cd)	1.5×10^{-2}
Amount of substance	mole (mol)	TBD

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 2

1.5 Chapter Summary

In this introductory chapter, we have introduced the architecture of typical measure-ment systems and we have shown that they not only contain sensors, signal condi-tioning operations and data display, storage and retrieval options, but also sources of noise, which can limit measurement precision. Measurement errors occur if sensor dynamics are not considered and the sensor is read before it reaches a steady state output, given a transient change in the value of the QUM.

The types of errors in measurements were considered. Elementary statistics were discussed and the important concept of limiting error in a measurement was introduced and derived. Examples were given of calculating limiting error.

Standards in electrical and physical measurements were described. The important SI standards for voltage (the JJ), resistance (the QHR) and capacitance (the Thompson-Lampard theorem) were discussed in detail.

The reader is advised that primary standards are constantly evolving with science and technology, and accuracies of one part in 10^7 are routine and in fact, many systems exceed this accuracy.

Problems

1.1 One of the earliest means devised for measuring moderate pressures was the U-tube, liquid filled manometer (Figure P1.1). Liquids used are typically mercury or water. The dynamics of a manometer can be described by a second order, linear ODE:

$$APA = pghA + (h/2)/3(27rL) + (h/2)(pLA)$$

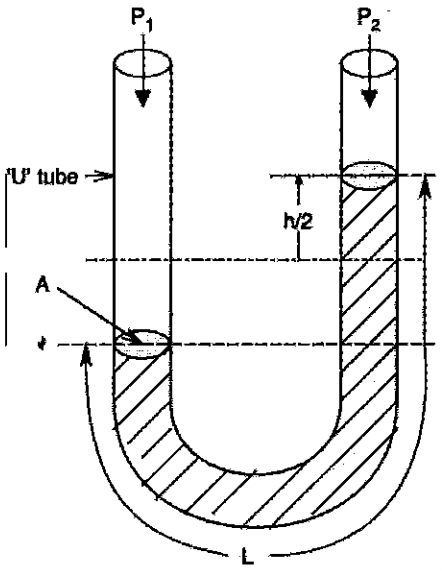


FIGURE P1.1

Traccia 3

1

Measurement Systems

1.1 Introduction

In this introductory chapter we will examine the architecture of typical measurement systems and discuss how noise, calibration errors, sensor dynamic response and non-linearity can affect the accuracy, precision and resolution of measurements. We will also discuss the modern, physical and electrical standards used by the U.S. NIST (National Institute of Standards and Technology, formerly the National Bureau of Standards) and discuss how these standards are used to create secondary standards used for practical calibration of measurement systems.

Measurement systems are traditionally used to measure physical and electrical quan-tities, such as mass, temperature, pressure, capacitance and voltage. However, they can also be designed to locate things or events, such as the epicenter of an earthquake, employees in a building, partial discharges in a high voltage power cable, or a land mine. Often, a measurement system is called upon to discriminate and count objects, such as red blood cells, or fish of a certain size swimming past a checkpoint. A measurement system is often made a part of the control system. The old saying `if you can't measure it, you can't control it' is certainly a valid axiom for both the control engineer as well as the instrumentation engineer.

The reader should realize that the fields of instrumentation and measurements are rapidly changing and new standards, sensors and measurement systems are continually being devised and described in journal literature. The *IEEE Transactions on Instrumentation ana Measurement,* the *Review of Scientific Instruments,* the *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* and the *Journal of Scientific Instruments* are four of the important periodicals dealing with the design of new measurement systems, instruments and standards.

1.2 Measurement System Architecture

Figure 1.1 illustrates the block diagram of a typical measurement system. The quantity under measurement (QUM) is converted to a useful form, such as a voltage, current or physical displacement by an input transducer or sensor. (Note the distinction between a sensor and a transducer—both devices are sensors, however, transducers have the capability to convert an input signal to some analog quantity). An example of a trans-ducer is a piezoelectric crystal. A mechanical displacement (or equivalently, a force or pressure) applied to the crystal produces an output voltage, while an input voltage to the crystal produces a mechanical displacement. Another example is a loudspeaker. A current through the voice coil causes cone displacement, the rate of mechanical displacement generates a proportional current output.

A number of workers are considering ways to replace the present artifact standard kilogram at BIPM with a mass standard based on the fundamental, physical constants which include the electron charge *(q),* Planck's constant *(h),* the speed of light *in vacuo (c),* and the permeability of vacuum (1_0). Other constants which can be used are the von Klitzing constant (R_{K_90}), the Josephson constant (K_{J_90}), the fine structure constant (a), the Faraday number (2) and the Avogadro constant (N_A).

Taylor 1991 argued that the Avogadro constant, which is the number of molecules in a gram molecular weight, or mole, of some pure element (X), can be one deter-mining factor, along with the molar mass of the element (M_x) in kg/mol. For example, M(^{12}C) is equal to 0.012 kg, by definition (^{12}C is the common isotope of the element carbon). Thus:

$$nx = NAIMX \tag{1.59}$$

where n_x is the number of free Xs at rest required to make the mass of an international kilogram prototype. There are a number of interesting ways to determine the Avogadro number. Taylor 1991 proposed that N_A can be found from the X-ray crystal density of a pure, grown silicon crystal from the relation:

$$N_A = M(Si)/\ [S(Si)(C/220.\%/)^3/_81 \tag{1.60}$$

where M(Si) is the mean molar mass of silicon in kg/mol, 8(Si) is the crystal density in kg/m^3 and d220 is the 2,2,0 silicon lattice spacing in meters. M(Si), 8(Si) and d220 must be measured. In a practical determination of N_A, the ratio of the three naturally occurring isotopes (^{28}Si, ^{29}Si, ^{30}Si) in a crystal must be measured. Another way to find N_A indirectly is to use the relation:

$$NA = KI\text{-}9ORK\text{-}903/2 \tag{1.61}$$

where $K_{1_90} = (2q/h)$ is the Josephson constant, $R_{K_90} = (h/q^2)$ is the von Klitzing constant and the Faraday number, 2 = 96,486.7 (the coulomb charge of an Avogadro number of electron).

Perhaps in the near future, progress will be made in replacing the standard kilogram artifact with a standard kilogram, defined by fundamental constants. Uncertainty in determining a new standard such as this may be of the order of 1 x 10^{-8}.

1.4.3.2 Length

The SI standard unit of length is the meter. Formerly, the meter was defined as one ten millionth of the arc distance of a meridian passing from the north pole through Paris, to the equator. It was represented by an artifact consisting of a platinum-iridium bar, with lines scribed on it one meter apart, kept at constant temperature at the BIPM near Paris. In 1960, the meter was redefined in terms of the wavelength of monochromatic light. One meter was exactly 1,650,763.73 wavelengths in vacuum of the orange radiation corresponding to the transition between the levels $2p_{io}$ and $5d_5$ of the krypton-86 atom. However, this definition of the meter by wavelength assumes the permanence and invariance of the atomic energy levels, Planck's constant and the speed of light. These quantities are basic to the relation for wavelength:

$$X = clv = chlE = chl(E2—E1) \tag{1.62}$$

Traccia 5

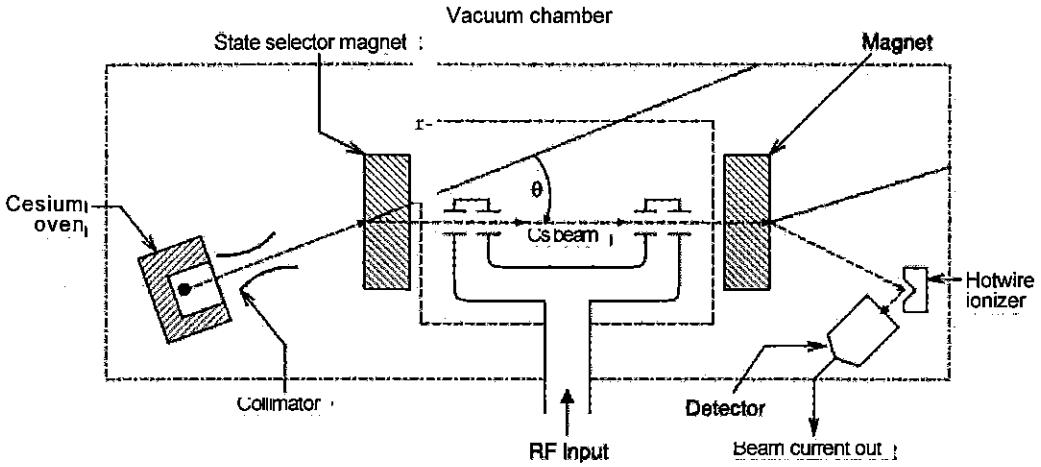


FIGURE 1.16
Schematic cross-section of a Cesium ion clock.

used to adjust secondary rubidium and quartz oscillators, which are used as secondary standards for frequency or period determination.

Rubidium frequency standards are second in the hierarchy of accuracy. Similar to the operation of a cesium beam clock, the atomic resonance of a rubidium vapor celi is used to synchronize a quartz crystal oscillator in a frequency lock loop. The long term stability of the rubidium vapor oscillator is $\pm 1 \times 10^{-11}$ /month. It, too, has outputs at 5, 1 and 0.1 MHz.

1.4.3 Physical Standards

The physical standards discussed below include mass, length, volume and temperature. We have seen above that the present trend is to redefine standard quantities in terms of the (presumably) universal constants of quantum physics, rather than to use physical artifacts (e.g. the present use of the JJ to define the volt instead of the Weston normal cell).

1.4.3.1 Mass

The present (SI) unit of mass is the kilogram (kg). It is defined in terms of the standard kilogram artifact which has been kept at the *Bureau International des Poids et Mesures* **(BIPM)** at Sèvres, France, for over a hundred years. Physically, the standard kilogram is a cylinder of platinum containing 10% iridium. Comparison of a working standard kilogram mass with the primary standard must be made by means of a precision balance. The current gold standard balance is the NBS-2—single arm, two knife balance, which has a resolution of one ptg or one part in 10^9 [Quinn, 1991]. It has been discovered over the years that the international prototype kilogram and its copies systematically loose mass when they are cleaned and washed in preparation for weighing. On the other hand, the masses tend to increase with time following cleaning and washing. These changes are of the order of tens of iig [Quinn, 1991]. The long term stability of the standard kilogram appears to be of the order of 5 ng/year. This figure is based on the assumption that the international prototype and its copies are not drifting in mass by more than ten times the rate that they are drifting apart from each other, at about 0.5 μg/year.

Traccia 6

6

Survey of Sensor Input Mechanisms

6.1 Introduction

An input *sensor* or *transducer* is a device which permits the conversion of energy from one form to another. It is the first element in an instrumentation or measurement system. For example, it might convert temperature to voltage. A broader definition might substitute 'information' for 'energy'. Its linearity, range, noise and dynamic response largely determine the resolution, sensitivity and bandwidth of the overall system. A *transducer is* a device that, in some way, obeys reciprocity (e.g. the physical input quantity is converted to an output voltage and if a voltage is applied to the output terminals, the input quantity is generated at the input interface of the transducer). Examples of transducers include piezoelectric crystals used to sense force or pressure, and electro-dynamic devices such as loudspeakers and D'Arsonval meter movements. Obviously, not all sensors are transducers.

There are two approaches to categorizing sensors. One way, which we use in Chapter 7, is to group together all those different types of sensors used for a given application, such as the measurement of fluid pressure. Another method, which we use in this Chapter, is to group sensors on the basis of the mechanism by which they work, such as the generation of an open circuit voltage due to the input QUM, or a change in resistance proportional to the QUM.

6.2 Categories of Sensor Input Mechanisms

In this section, we present an outline of a comprehensive (yet incomplete) list of the categories of mechanisms by which sensors work. In the following sections, we elaborate on representative sensors, and their dynamic ranges, bandwidths and the auxiliary circuitry needed to produce a useful electrical (analog) output.

6.3 Resistive Sensors

As the input quantity varies, the resistance of practically all resistive sensors varies around some baseline or average value, R_0. Consequently, the most widely used means for converting the change in R due to the input to an output voltage is to include the transducer as an arm of a Wheatstone bridge (Section 4.2), or as part of an Anderson

Traccia 7

5

AC Null Measurements

5.1 Introduction

In this chapter, we examine measurement techniques that make use of sensing an ac null. These include, but are not limited to, ac operation of (resistive) Wheatstone bridges, various types of ac bridges used to measure capacitance, *capacitor dissipation factor (D),* inductance, *inductor quality factor (Q),* mutual inductance and the *small signal transconductance (g_m)* of bipolar junction transistors (BJT) and field effect transistors. As in the case of dc null methods, ac methods are used to obtain accurate measurements of component values based on the accuracy of the bridge components.

It should be noted that in the real world of circuit components, there is no such thing as a pure or ideal resistor, capacitor or inductor. All real world devices have parasitic parameters associated with them. In some cases, these parasitic components may be treated as lumped parameter circuits, while in other situations, they are best described as distributed parameter networks, similar to transmission lines. For example, depending on the frequency of the ac voltage across a resistor, the resistor may appear to have a pure inductance in series with a resistor in parallel with a capacitor, and distributed capacitance to ground along its length. The resistance of a resistor has a value which is an increasing function of frequency due to skin effect at VHF — UHF. The presence of parasitic components at high frequencies makes the operation of bridges and null circuits at high frequencies more prone to errors. To minimize the effects of parasitic components, most simple ac bridges operate at 1 kHz.

5.2 Inductor Equivalent Circuits

Most practical inductors are made from one or more turns of a conductor, wound as a solenoid, either on an air core, or a ferromagnetic core, made of ferrite ceramic or laminated iron. If the coil is wound around a ferromagnetic ring or 'doughnut', it is called a toroidal inductor. The use of ferromagnetic cores concentrates the magnetic flux and produces a higher inductance than would be attainable with an air core and the same coil geometry. Since the conductor used to wind an inductor has a finite resistance, the simplest, low frequency equivalent circuit of a practical inductor is a resistor in series with a pure inductance. At very high frequencies, the small, stray capacitance between adjacent turns of the inductor coil produces a complex, distributed parameter, RLC circuit. If the coil is wound with several layers of turns, capacitance between the layers, as well as between adjacent turns and inner turns to the core, produces a complex equivalent circuit of the inductor at very high frequencies.

UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Traccia 8

Note that the shift is x, and when the rectangular PDF of n_d is given the limits of ± q/2, the integration result is zero for any $x > 0$.

According to Hewlett-Packard [Bartz, 1993]:

'The high order distortion terms associated with the polynomial expansion of the quantized transfer function are effectively removed by the dithering. This result is true for dither amplitudes that are integrai multiples of the ADC LSB *[q].*'. . . The third harmonic distortion is significantly improved by large scale dithering.'

In summary, we note that dithering provides a means to improve output SNR and reduce total harmonic distortion in a digital signal acquisition system.

9.5 Digital-to-Analog Converters

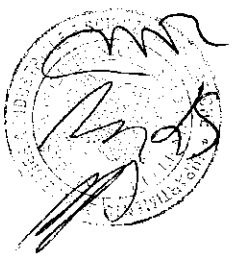
A digital-to-analog converter (DAC) is an IC device which converts an N-bit digital word to an equivalent analog voltage or current. DACs can operate at very high sampling rates, or can act as static, dc voltage sources. A DAC allows digital information which has been processed and/or stored by a digital computer to be realized in analog form. DACs are essential components in the design of CRT terminals, modem control systems digital audio systems and waveform synthesizers, to mention a few applications.

As we mentioned in the introduction to this chapter, it is necessary to understand DACs before we examine the designs of certain ADCs which use DACs as components. Most modem DACs are designed to accept straight binary inputs, although some units have been built that require BCD or gray code inputs. Most DACs use MOS or BIT switches to pass current through elected resistors in an R-2R resistance ladder circuit. Either voltage or current reference sources are used to power the ladder and either internal or external op-amps are used to condition the DAC's output currents. DACs can be configured to have unipolar or bipolar outputs, depending on their application.

All DACs require a certain settling time for the analog output to reach steady state value following the digital input. This settling (conversion) time can be as long as 100 ms or as short as 10 ns. Immediately following a change in digital input, there is a DAC output transient, or glitch. The glitch can arise from the transient response of the op-amp(s) used to condition the output voltage, and also from internal switching transients in the DAC.

There are many designs for DACs which have evolved over the past twenty years or so. DACs can be classified by whether they use bipolar junction transistor switches, or MOS transistor technology. The following DAC architectures are found with MOS technology:

1. Binary weighted resistor DAC
2. R-2R ladder
3. Inverted R-2R ladder
4. Inherent monolithic ladder
5. Switched capacitor DAC

The following DAC designs generally use BJT technology:

1. Binary weighted current sources
2. R-2R Ladder using current sources