٥ - التماثلى والرقمى

١/٥ مقدمـــة

فى الكهرباء عموماً ، وفى الإلكترونات ضمناً ، نتعامل أساساً مع متغيرين اثنين : أحدهما هو الجهد الكهربي ووحدته الفولت ، والثانى هو التيار الكهربى ووحدته الأمبير. فى الدوائر والنظم الإلكترونية يكفى التعرف على أحد هذين المتغيرين للحصول على الآخر ، لذلك نستطيع القول أنه يكفى عملياً التعامل مع الجهد وحده أو التيار وحده كمتغير أساسى يهمنا متابعة تغيراته مع المكان والزمن . المعتاد أكثر هو التعامل مع الجهد الكهربى ومنه ، إذا أردنا ، يمكن الحصول على بقية المتغيرات مثل التيار والشحنة والطاقة والقدرة عند أى مكان وفى أى زمن .

علم الإلكترونيات بأساسياته وتطبيقاته مسخر أساساً لخدمة الإشارات التي تهم الإنسان من حيث التوليد والإرسال والنقل والاستقبال والانتفاع . تنقسم هذه الإشارات إلى إشارات مسموعة وإشارات مرئية وإشارات أخرى متنوعة . هذه الإشارات ، فى أغلبها ، أصلاً ذات طبيعة غير كهربية وتنبع من مصادر غير كهربية فمثلاً ، الإشارات المسموعة عبارة عن تغيرات فى ضغط الوسط الذى تمر فيه مع المكان والزمن ، سواء كان هذا الوسط هواء أو سائلاً أو جماداً . من أهم مصادر الإشارة السمعية النظام الصوتى فى الإنسان الذى يتكون من الرئتين والأحبال الصوتية وتجاويف الأنف والفم مع حركة اللسان والشفتين ، الإشارات المرئية عبارة عن تغير فى شدة الضوء الصادر من الجسم المرئى مع المكان والزمن . من الإشارات الأخرى المتنوعة ، درجة الحرارة فى فرن، درجة الرطوبة فى منطقة ، مستوى سائل فى وعاء ، معدل مرور مادة معينة من بوابة ، وغير ذلك ، حيث يهمنا فى كل حالة تغير الإشارة مع المكان والزمن . بما أن أصول الإشارة فى معظمها ، كما ذكرنا ، ذوات طبيعة غير كهربية ، وفى الوقت نفسه لا نتعامل فى الإلكترونيات إلا مع الجهد أو التيار كمتغير ، فإنه يلزم أولاً تحويل متغير أى إشارة غير كهربية إلى جهد أو تيار متغير مع المكان والزمن بطريقة تغير المتغير الأصلى نفسه ، وذلك قبل أن يبدأ التعامل معه داخل الدوائر والنظم الإلكترونية . الهياكل التى تقوم بهذا التحويل تسمى محولات – Transducers ، وتسمى الإشارات بعد هذا التحويل بإشارات كهربية . مثلاً ، فى حالة الإشارات السموعة يكون هيكل التحويل هو الميكروفون ، وفى حالة الإشارات المرئية يكون هيكل التحويل هو آلة تصوير الفيديو ، وفى حالة الإشارات الأخري يكون هيكل التحويل عبارة عن حواس – Sensors مناسبة لكل نوع من المتغيرات . كذلك ، بعد التعامل مع هذه الإشارات فى الدوائر والنظم الإلكترونية ، وقبل الانتفاع بها ، قد نضطر إلي إعادتها إلى أصلها

الطبيعي بمحولات عكسية . فى حالة الإشارة المسموعة يكون المحول العكسى هو مكبر الصوت، وفى حالة الإشارة المرئية يكون المحول العكسى هو صمام أو أنبوبة عرض الصورة على الشاشة ، وفى حالة الإشارات الأخرى تكون المحولات عبارة عن هياكل لعرض قيم المتغير مع المكان والزمن على شكل أرقام أو رسومات بيانية أو غير ذلك .

مما تقدم ، نرى أن أى إشارة كهربية ، مهما كان أصلها ، عبارة عن تغير فى الجهد ووحدته الفولت مع المكان والزمن ، وإذا ثبتنا المكان ، فإن الإشارة الكهربية تكون عبارة عن تغير فى الجهد مع الزمن ، هذا التغير مع الزمن يمكن أن يأخذ عديداً من الصور . الأكثر والأعم هو أن يكون المتغير مستمراً مع الزمن ومستمراً فى القيم التى يمكن أن يتخذها ، أى أنه متواجد فى أى لحظة ويمكن أن يتخذ أى قيمة فى أى زمن . هذا النوع من الإشارات يسمى الإشارات المستمرة التمائلية . نبدأ بهذا النوع من الإشارات حيث ، كما سنرى فيما بعد ، سنتمكن عن طريقها من دراسة الصور الأخري للإشارات الكهربية وأنواعها .

هنا ، ودون الدخول فى تفاصيل ، نذكر حقيقة مهمة . ذلك أن أى إشارة كهربية متغيرة مع الزمن يمكن تحليلها إلي مجموعة أو حزمة من الترددات ، أو بمعنى آخر ، يمكن النظر إليها كمتغير مع التردد بدلاً من كونها متغيراً مع الزمن . هذه حقيقة رياضية معروفة بمتواليات وتكامل فوريير – Fourier Series and Integrals . نخرج من هذا بالمفهوم المهم أن أى إشارة كهربية تغطى مدى معيناً من الترددات ، وكلما كان التغير مع الزمن أسرع ، ازداد اتساع المدى الترددى للإشارة فى إتجاه الترددات العالية .

دون الدخول أيضاً فى تفاصيل ، نذكر حقيقة أخرى مهمة ذلك أنه لنقل الإشـــارة الكهربية ، ليس من الضرورى نقل كل قيمها عند كل اللحظات الزمنية ، بـــل يكـــفى أن ننقل منها عينات متقطعة ومنتظمة بشرط أن يكون عدد العينات فى الثانية، ويسمى تردد العينات f_s ، على الأقل مساوياً لضعف أعلي تردد فى الإشارة f_m ، أى أن $f_s > 2\, f_m$.

ستكون هذه الحقائق نقط إرتكاز فيما هو قادم لتعرُّف أصناف الإشارات الكهربية بأنواعها التمائلية والرقمية .

٢/٥ الإشارات الكهربية التمائلية

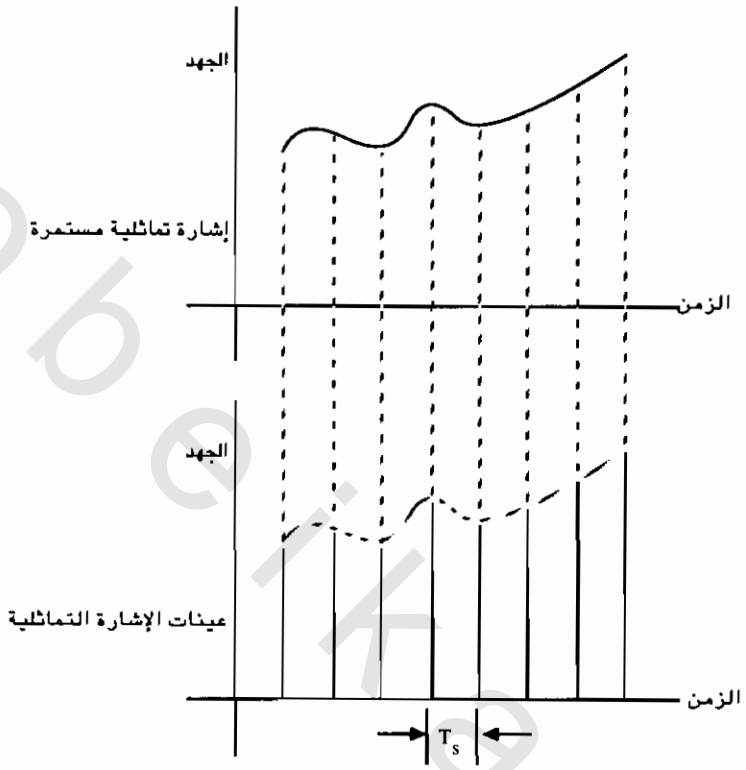
مما سبق ، تكاد تتضح لنا معالم وصفات الإشارات الكهربية ، ولم يبق سوي بلورة وتوضيح هذه المعالم والصفات . فقد ذكرنا أن الإشارات فى غالبيتها ، كما تتواجد فى الطبيعة وتنبع من مصادرها ، ذوات صفات طبيعية غير كهربية . وذكرنا أيضاً أنه يلزم

استعمال محولات – Transducers لتحويل متغيرات تلك الإشارات إلى متغير كهربى. هذا المتغير الكهربى غالباً ما يكون الجهد ووحدته الفولت ، وأحياناً يكون التيار الكهربي ووحدته الأمبير . معنى ذلك أننا نقوم باستبدال المتغيرات غير الكهربية بمتغير كهربى متماثل مع المتغير الأصلى تماماً من حيث التغير مع المكان والزمن ، وإذا ثبتنا المكان يكون التغير فقط مع الزمن . لذلك سميت هذه الإشارات بعد تحويل المتغير غير الكهربى إلى متغير كهربى بالإشارات الكهربية التماثلية . معظم الإشارات الكهربية التماثلية مستمرة التواجد مع الزمن ، رغم تغير قيمها من لحظة لأخرى . توضح نظريات فوريير الرياضية أن هذه الإشارات الكهربية التماثلية المستمرة والمتغيرة مع الزمن تغطى مدى ترددياً له حد أقصى f_m . يوجد أيضاً إثبات رياضى ، لا مجال للتعرض له هنا ، إن المعلومات نفسها الخاصة بالإشارات الكهربية التماثلية المستمرة موجودة بالكامل دون أى فقدان أو تقريب ، لو اكتفينا بعينات زمنية متقطعة لهذه الإشارات المستمرة بحيث تكون العينات على فترات زمنية متساوية وعددها فى الثانية "$f_s = 1/T_s$" مساو أو أكبر من $2f_m$. "T_s" هو الزمن بين كل عينة وأخرى ، وسنرى فيما بعد أهمية هذا الزمن فى توليد الإشارات الرقمية . معنى هذا أنه ، من ناحية الزمن ، يوجد نوعان من الإشارات الكهربية التماثلية : النوع الأول مستمر مع الزمن ، والنوع الثانى على شكل عينات متقطعة منتظمة محققة للشرط السابق ذكره . هذا من ناحية التغير مع الزمن ، أما من ناحية قيم الإشارة عند أى زمن للإشارات المستمرة أو قيم العينات للإشارات المتقطعة ، فإنها تأخذ أى قيمة على مدى مستمر دون حدود نظرية لدقة تقييمها، وإن كانت هذه الدقة من الناحية العملية تعتمد فقط على دقة أجهزة القياس. بذلك ، يمكن تصنيف الإشارات الكهربية التماثلية إلى صنفين اثنين كما يلى :

١ – إشارات مستمرة فى الزمن ، مستمرة فى القيم .

٢ – إشارات متقطعة فى الزمن ، مستمرة فى القيم .

يوضح الشكل (٥–١) هذين الصنفين للإشارات الكهربية التماثلية .



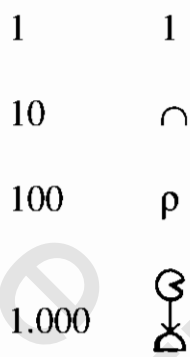
شكل (٥-١) : إشارة كهربية تماثلية .

يتم التعامل مع هذه الإشارات الكهربية التماثلية بدوائر ونظم إلكترونية تماثلية . من أهم وحدات تلك الدوائر والنظم ، المكبرات – Amplifiers بأنواعها ، المرشحات – Filters ، المولفات – Tuners ، الخلاطات – Mixers ، المعدلات – Modulators ، الكاشفات – Detectors ، وغير ذلك . أيضاً ، من أهم المواصفات المطلوبة للدوائر والنظم الإلكترونية هي الأمانة فى نقل قيم الإشارات والحفاظ على النسب بينها ، وتقليل التشويه – Distortion والضوضاء – Noise فى تلك الإشارات أثناء التعامل معها .

٣/٥ الأرقام والرموز

نظرية الأرقام ، حالياً ، فرع مهم من أفرع العلوم الرياضية ، وكأى فرع آخر من المعارف البشرية ، مرت نظرية الأرقام بعديد من الممارسات والتطورات التاريخية . ما يهمنا هنا هو الأرقام كوسيلة لتقييم مقادير الكميات الطبيعية بوحدات متفق عليها . من هذا المفهوم ، يمكن اعتبار الأرقام نوعاً من الشفرة من حيث إنها تعتمد على رموز واتفاقات . قديماً ، كانت الرموز والاتفاقات إختيارية ولا تتبع قواعد منطقية ، ولكنها كانت ملزمة بقوة العرف . فمثلاً ، فى لغة قدماء المصريين (الهيروغليفية) ، كانت

رموز الأرقام الأساسية كما هي موضحة فى الشكل رقم (٥-٢) أ ، والاتفاق على تكوين الأرقام من هذه الرموز يتم بالبدء بالقيم الأعلي تليها الأقل مع التكرار حسب الاحتياج . كما يمكن الكتابة فى أى اتجاه، من اليمين إلى اليسار ، أو من اليسار إلى



شكل (٥-٢) أ

شكل (٥-٢) ب

شكل (٥ - ٢) : رموز الأرقام في اللغة المصرية القديمة (الهيروغليفية) .

اليمين ، أو من أعلى إلى أسفل ، وينسق الرقم أثناء التكرار بحرية سواء على مستوى واحد أو مستويين ، فمثلاً الرقم ٩٦٦ يمكن كتابته كما هو موضح فى الشكل (٥-٢) ب ، حيث يكرر الرمز الدال على ١٠٠ تسع مرات . وكل من الرموز الدال على ١٠ والرمز الدال على ١ ست مرات . تستعمل الأرقام الرومانية الرموز الأساسية الآتية :

M	D	C	L	X	V	I
١٠٠٠	٥٠٠	١٠٠	٥٠	١٠	٥	١

والاتفاق على تكوين الأرقام من هذه الرموز هو التكرار مع التقديم للطرح والتأخير للجمع كما يلى :

MC	CM	CX	XC	XI	IX	VI	IV	II
١١٠٠	٩٠٠	١١٠	٩٠	١١	٩	٦	٤	٢

obeikandl.com

فى النظم الرقمية الحديثة تستعمل إما الرموز الهندية :

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩

أو الرموز العربية :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

علماً بأن الصفر لم يعلمه الهنود ، وأضافه العرب على يد الخوارزمى عام ٨٢٠م. إن تكوين الأرقام من هذه الرموز يتبع قواعد منطقية ثابتة ، باستعمال هذه القواعد المنطقية الثابتة يمكن توليد عديد من النظم الرقمية المختلفة ، وذلك بتغيير معامل مهم يسمي الأساس – Radix (R) . فى النظم الرقمية الحديثة ، لكل رقم إتساع أفقى يتمثل فى عدد الخانات ويسمى سجل – Register ، واتساع رأسى يتمثل فى عدد الوحدات أو الرموز المسموح بها فى كل خانة ، وهذا ما سميناه الأساس – R . كلما إزداد عدد الخانات فى السجل وازداد الأساس ، ازدادت سعة الرقم وقدرته على تقييم كميات كبيرة بدقة أعلى . الاتساع الأفقى للسجل الممثل لعدد الخانات يعتمد على المكان المتاح لهذا السجل ، سواء على الورق فى التعامل اليدوى ، أو من حلقات فى الحاسبات الكهروميكانيكية القديمة ، أو من وحدات إلكترونية فى سجل إلكترونى ، أو فى ذاكرة حاسب إلكترونى . الأساس الذى يمثل عدد الوحدات أو الرموز المسموح بها فى كل خانة يمكن أن يأخذ أى قيمة صحيحة بحد أدنى ٢ . تستعمل كل خانة عدداً من الرموز مساوٍ لقيمة الأساس . تكتب الأرقام فى أى نظام من هذه النظم على صورة "..... $a_3\ a_2\ a_1\ a_0$" ، حيث a_0 هى الرمز فى الخانة صفر ، a_1 هى الرمز فى الخانة رقم ١ ، a_2 هى الرمز فى الخانة رقم ٢ ، a_3 هى الرمز فى الخانة رقم ٣ ، وهكذا .

تحسب قيمة الرقم بالمعادلة البسيطة الآتية :

$$\text{قيمة العدد} = \ldots + (R^3 \times a_3) + (R^2 \times a_2) + (R \times a_1) + a_0 \qquad (١-٥)$$

حيث R هى قيمة الأساس .

من أشهر النظم الرقمية المستعملة حالياً ، النظامين العشرى والثنائى . فى النظام العشرى ، قيمة الأساس R = ١٠ ، ويمكن أن تأخذ كل خانة إحدى القيم من صفر إلى تسعة . فى النظام الثنائى ، قيمة الأساس R = ٢ ، ويمكن أن تأخذ كل خانة إحدى القيمتين صفر (0) أو واحد (1) فقط . بتطبيق المعادلة (٥-١) على رقم عشرى وآخر ثنائى ، فإننا نحصل على المثالين التاليين :

عشرى (R = ١٠)

$$(a_3\ a_2\ a_1\ a_0) - ١٩٣٠ = ٠ + (١٠ \times ٣) + (^{٢}١٠ \times ٩) + (^{٣}١٠ \times ١)$$

ثنائى (R = ٢) .

$$(a_3\ a_2\ a_1\ a_0) - 1101 = ١ + (صفر \times ٢) + (^{٢}٢ \times ١) + (^{٣}٢ \times ١) = ١٣$$

وعلي سبيل المثال ، إذا أردنا كتابة الرقم ١٩٧٧ بنظم رقمية مختلفة ، فإننا نحصل على ما هو موضح بالشكل رقم (٥-٣) .

نظام قدماء المصريين (الهيروغليفى)	ppppp ∩∩∩∩∩ ||||	لا توجد خانات محددة ولا أساس
	ppppp ∩∩∩∩ |||	
نظام الأرقام الرومانية	MCMXCVII	٨ خانات ولا أساس
النظام الرقمى الثنائى	11111001101	١١ خانة - أساس ٢
النظام الثلاثى	2201222	٧ خانات - أساس ٣
النظام العشرى	1997	٤ خانات - أساس ١٠

شكل ٥ - ٣

إذا تخيلنا جدلاً ، أن الأساس R يساوي ما لا نهاية ، واستطعنا اختراع رموز مختلفة عددها ما لا نهاية ، لكفت خانة واحدة لتقييم مقدار أي كمية بأي دقة كما هو الحال في التقييم التماثلى . كذلك ، لو تخلينا عدداً من الخانات يساوي ما لا نهاية، فإن أقل أساس (وهو ٢) يكفي لتقييم مقدار أي كمية بأي دقة كما هو الحال في التقييم التماثلي . واضح أن أياً من التخيلين غير عملى وغير ممكن . ففى العادة قيمة الأساس محدودة ، وعدد الخانات أيضاً محدود . وبالتالى ، فإن قيمة الوحدة فى أقل الخانات وزناً تمثل الحد الأدنى للتمييز (الحد الأقصى للدقة) الممكن الوصول إليه مهما برعنا فى دقة القياس . معنى هذا ، أن تقييم المقادير بالأرقام له حد أقصى من الدقة لا يمكن تحسينه إلا بزيادة الأساس أو عدد الخانات ، وهذه خاصية مهمة يجب استيعابها جيداً بالنسبة للتقييم الرقمى لمقادير الكميات .

يمتاز النظام الرقمى العشرى أنه سهل فى التعامل اليدوى والذهنى ، بينما فى السجلات الكهروميكانيكية أو الإلكترونية ، تحتاج كل خانة إلى خلية لها عشرة أوضاع مستقرة يمثل كل وضع منها أحد الرموز من صفر إلى تسعة . فى السجل

الكهروميكانيكى كان ذلك يتم باستعمال حلقة تدور على محور لكل خانة ، ومطبوع على محيطها الرموز من صفر إلى تسعة . فى السجل الإلكترونى ، قديماً أيام الصمامات ، كان هذا يتم باستعمال صمام غازى يسمى ديكاترون – Dekatron له مصعد واحد فى الوسط ومن حوله عشرة مهابط تقابلها الرموز من صفر إلى تسعة ، ومصممة له الدوائر بحيث يتوهج فقط المهبط الذى هو أمام الرموز المطلوب . مع ظهور الدوائر المتكاملة وتطور الإلكترونات الدقيقة ، أصبح غير متوافق ومن غير المستحب تصميم خلايا لها عشر حالات استقرار . فى الوقت نفسه ، من السهل تصميم خلايا بسيطة لكل منها حالتا استقرار تصلح كخلية فى نظام رقمى ثنائى ، حيث تعتبر إحدى حالتى لاستقرار "0" والأخرى "1" . وهذا ، مع أسباب أخرى خاصة بسهولة التعامل الآلى وأمانة نقل الأرقام على شبكات الاتصالات الكهربية ، أدى إلى استخدام النظام الرقمى الثنائى فى الدوائر والنظم الإلكترونية الرقمية الحديثة .

يمتاز النظام الرقمى الثنائى بعديد من المزايا فى الدوائر والنظم الإلكترونية الرقمية الحديثة . من هذه المزايا أنه ، لأمانة نقل الرقم داخل الأجهزة وعلى شبكات الاتصالات الكهربية ، يلزم فقط التمييز بين "0" و "1" ، أى مثلاً بين «لا شىء» و «شىء» . وهذا يجعل الدوائر والنظم أقل تعقيداً ، ويقلل من مؤثرات الشوشرة والتداخل والضوضاء . كذلك ، من حسن الطالع ، أنه متواجد ومتداول فرع من العلوم الرياضية يسمى جبر بولين – Boolean Algebra مختص بالتعامل مع مثل هذا النظام الرقمى الثنائى فى علاقات منطقية، أدى إلى إندماج المنطق والحساب فى دوائر ونظم إلكترونية موحدة ، مما أفاد كثيراً وخاصة فى دوائر ونظم الحاسبات الإلكترونية وما شابهها .

٤/٥ الإشارات الكهربية الرقمية

من الاسم ، نتوقع أن يكون المقصود بمفهوم الإشارات الرقمية هو تقييم قيمة الإشارة بالأرقام بصرف النظر عن قيمة الأساس R . رغم أن هذا التوقع سليم نظرياً ، إلا أنه من الناحية العملية والواقعية ينحصر أساساً فى القيمة R = ٢ . فالمقصود حالياً بالإشارة الرقمية هو الإشارة التى لا تحتاج إلى تمييز فى القيم أكثر من التمييز بين «لا شيء» و «شيء» أو "0" و "1" . وهذا ، كما رأينا ، ينطبق فقط على نظام الأرقام الثنائية . أما فى النظم الرقمية ذوات الأساس الأعلى ، فإننا نحتاج إلى التمييز بين أكثر من خيارين . ففى النظام الثلاثى نحتاج إلى التمييز بين الثلاث قيم "0 , 1 , 2" ، وفى النظام الرباعى نحتاج إلى التمييز بين الأربع قيم "0 , 1 , 2 , 3" ، وهكذا ، وفى الإشارات التماثلية نحتاج إلى التمييز بين عدد لا نهائى من القيم ؛ أى إن النظام الرقمى يتحرك فى اتجاه التماثلى كلما ازداد الأساس R .

قبل الاستقرار على استعمال النظام الثنائى فى الإشارات الرقمية ، كانت هناك

نظم تشفير قديمة تعتمد أيضاً على التمييز بين «اللاشيء» و «الشيء» . فمثلاً ، فى نظام تشفير مورس MORSE CODE الذى كان يستعمل فى بداية ظهور التلغراف ، كان وجود «شيء» لفترة قصيرة يمثل نقطة ، ووجود «شيء» لفترة طويلة يمثل شرطة، والفاصل بين النقط والشرط هو «اللاشيء» ، بتمثيل كل حرف فى اللغة بمجموعة مميزة من النقط والشرط أمكن إرسال وإستقبال الإشارات . أيضاً ، فى بداية تطور نظم الحاسبات الآلية ، كان من الطبيعى وبحكم العادة استعمال النظام الرقمى العشرى فى تقييم مقادير الإشارات الرقمية . لذلك ، كما ذكرنا سابقاً ، أستعملت الأقراص المرقّمة من صفر إلي تسعة فى نظم الحاسبات الآلية الكهروميكانيكية ، واستعملت الصمامات الإلكترونية الغازية العشرية – Dekatrons فى نظم الحاسبات الآلية الإلكترونية القديمة. بما أن الصمامات الغازية بطيئة بطبيعتها ، أستعلمت دوائر إلكترونية أسرع ذات صفة ثنائية من حيث أن لها حالتى استقرار إحداهما "0" والأخرى "1" . فى الوقت نفسه ، إستمر إستعمال النظام العشرى مع تشفير الرموز من صفر إلى تسعة بالرمزين الثنائيين "0" و "1" . يعتمد هذا التشفير الثنائى للرموز العشرية على وضع وزن لكل خانة فى الشفرة العشرية التى يبلغ عدد خاناتها الثنائية غالباً أربعة . يوضح الجدول (٥–١) بعض نظم تشفير الرموز العشرية .

(جدول ٥–١) : نظم تشفير الرموز العشرية .

Decimal digit	(BCD) 8421	Excess-3	84-2-1	2421	(Biquinary) 5043210
0	0000	0011	0000	0000	0100001
1	0001	0100	0111	0001	0100010
2	0010	0101	0110	0010	0100100
3	0011	0110	0101	0011	0101000
4	0100	0111	0100	0100	0110000
5	0101	1000	1011	1011	1000001
6	0110	1001	1010	1100	1000010
7	0111	1010	1001	1101	1000100
8	1000	1011	1000	1110	1001000
9	1001	1100	1111	1111	1010000

مدون بالعامود الأول على اليسار فى هذا الجدول الرموز العشرية من صفر إلى تسعة . يعطى العمود الثانى الشفرة الثنائية المباشرة – Binary Coded Decimal (BCD) ، يعطى العمود الثالث شفرة تسيي زيادة 3 – Excess وهى مستنتجة من الشفرة الثنائية المباشرة بإضافة ٣ = 0011 ، يعطى العمود الرابع شفرة بموازين موجبة وسالبة ، يعطى العمود الخامس شفرة بموازين مختلفة ولكن كلها موجبة ، ويعطى العمود السادس شفرة من سبعة خانات بموازين بين صفر وموجبة . قد يسأل البعض :

ماذا نستفيد من العمود السادس ذى السبع خانات الذى هو لا شك أكثر تكلفة ؟ والإجابة عن هذا التساءل أننا أحياناً على استعداد لدفع الزيادة فى التكلفة فى مقابل عائد يستحق . لو تأملنا الشفرات العشرة فى هذا العمود الممثلة للرموز من صفر إلى تسعة ، نجد أن كلاً منها يحتوى على عدد اثنين "1" وعدد خمسة "0" مع اختلاف توزيعها بين الخانات . وهذه الخاصية ممكن استثمارها فى تسهيل الاختبار واكتشاف الأعطال ، ويتوافق مع سنة الحياة أن كل شيء بثمن .

على أية حال ، هذه نظم قديمة استعملت فى فترات سابقة . حالياً ، أثبت النظام الرقمى الثنائى تفوقه ، وأصبح هو المستعمل عالمياً فى الإشارات الرقمية الكهربية ، خاصة للأسباب الآتية :

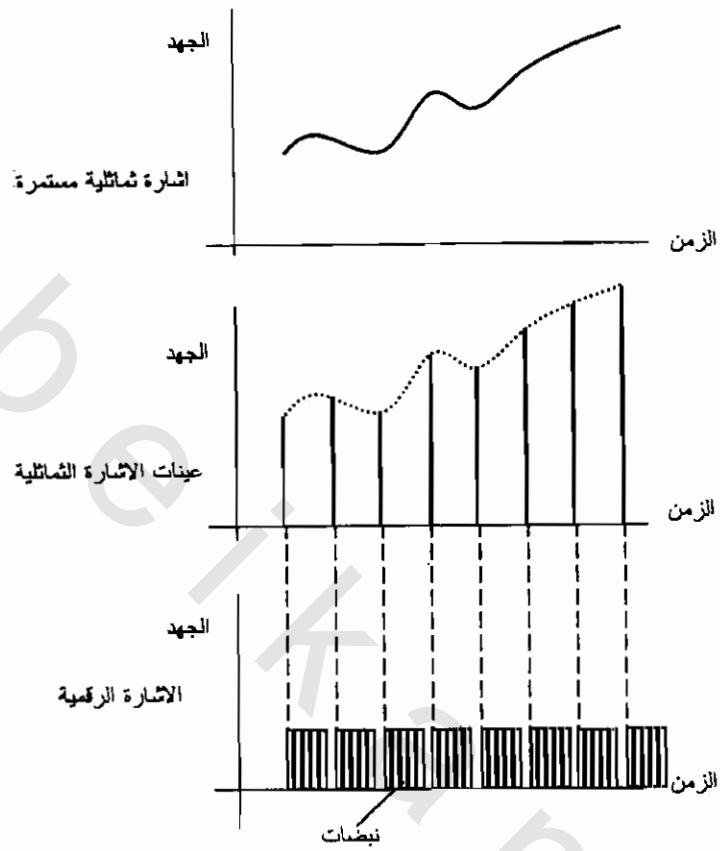
١ – يعتمد على التمييز فقط بين «اللاشيء» و «الشيء» ، أي بين "0" و "1" .

٢ – أنه أحد النظم الرقمية التى تعتمد على قواعد ثابتة ، ويسهل التحويل بينها . لذلك ، يسهل باستعماله تنفيذ العمليات الحسابية مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة .

٣ – تنطبق عليه قواعد جبر بولين Boolean Algebra . بذلك يسهل استعماله فى الدوائر المنطقية للتحكم بطرق معينة فى أوضاع معينة بشروط معينة .

٤ – يسهل التحويل منه إلى تماثلى والعكس بدوائر تسمى التحويل من رقمى إلى تماثلى – Digital to Analog Converters (DAC) والتحويل من تماثلى إلى رقمى – Analog to Digital Converters (ADC) .

للحصول على الإشارة الرقمية من الإشارة التماثلية ، فإن نقطة البداية هى تحويل الإشارة التماثلية المستمرة إلى إشارة تماثلية متقطعة فى الزمن بأخذ عينات منتظمة كما ذكرنا سابقاً . يتم تحويل قيمة كل عينة تماثلية إلى قيمة رقمية ثنائية باستخدام دائرة ADC . يتحدد عدد الخانات الثنائية حسب نوع الإشارة ومداها الديناميكى والدقة المطلوبة ، فمثلاً ، جرى العرف على أن يكون عدد الخانات الثنائية للإشارات التليفونية الرقمية ثمانية . وهذا يعطى مدىً ديناميكياً من صفر إلى ٢٥٦ بدقة ١ إلى ٢٥٦ ، أى حوالى ٠,٤ % ، من أعلى قيمة تماثلية . يجب أن يكون الزمن بين كل عينة تماثلية وأخرى على الأقل كاف لهذا التحويل . بذلك نحصل على الإشارة على شكل تدفق منتظم لأماكن النبضات ، حيث يمثل تواجد نبضة بأى مكان "1" وعدم تواجدها "0" . يوضح الشكل (٥–٤) خطوات التحويل من إشارة تماثلية إلى إشارة رقمية . هناك أيضاً دوائر إلكترونية لتحويل الإشارات الرقمية إلى إشارات تماثلية عند اللزوم ، وهذه ما أسميناها DAC .



شكل (٥ - ٤) : التحويل من إشارة تماثلية إلي إشارة رقمية .

للإشارات الرقمية مزايا عديدة ، مما جعل استعمالها حالياً هو العادة ، وغير ذلك هو الاستثناء . فهى تعطى قدراً كبيراً من المرونة فى التعامل ، ويمكن تخزينها فى سجلات إلكترونية بسيطة ، أو فى شرائح ذاكرة مثل ذاكرة الحاسب الإلكترونى ، أو فى أقراص محمولة وغير ذلك . كما أنها أقل تأثراً بالشوشرة والتداخل والضوضاء عند نقلها على شبكات الاتصالات الكهربية وشبكات الحاسب مثل شبكة الإنترنت - Internet التى نعرفها جميعاً ويتعامل معها معظمنا . من مميزات الإشارات الرقمية أيضاً، أنها متوافقة مع الأجهزة الطرفية التى هى بطبيعتها رقمية مثل الحاسبات الإلكترونية ، وتلك التى تتحول حالياً إلى رقمية مثل أجهزة السنترالات التليفونية وأجهزة التليفون المتنقل والمحمول وأجهزة التليفزيون الرقمى وغير ذلك .

لتسهيل التعامل مع السيل المتدفق من أماكن النبضات التى تمثل "O" و "I" ، جرت العادة على تسمية كل ثمانية أماكن بايت - Byte ، وكل بايت أو أكثر يمثل معلومة واحدة مترابطة تسمى كلمة - Word ، وكل عدد معين من الكلمات المتوالية

يسمى هيكل – Frame ، وكل عدد معين من الهياكل يسمى مجموعة – Group . عند نقل البيانات على شبكات الإتصالات الكهربية وشبكات الحاسبات ، يتم عادة تجميع وخلط عديد من البيانات من مصادر مختلفة سمعية ومرئية وقياسية وغير ذلك فى تدفق نبضى موحد بتردد نبضى سريع ، وصل حالياً إلى أكثر من ٣ جيجاماك فى الثانية . عند نقاط توزيع قطعية يتم تقسيم هذا التدفق النبضى إلى مجاميع نبضية توجه إلى مسارات محددة ، ثم تقسم هذه المجاميع إلى هياكل عند نقاط قطعية أخرى ، وهكذا ، حتى تصل كل نوعية من البيانات فى النهاية إلى نقاط الاستقبال الخاصة بها.

وما نراه ونعيشه اليوم فى عالم البيانات والمعلومات من توليد وإرسال ونقل واستقبال ليس نهاية المطاف . فما دام هناك قلب ينبض ، فالمسيرة مستمرة ، والله وحده أعلم بما يخبئه المستقبل .

obeikandl.com

خاصة للتصنيف مثل المسح – Scanning ، والبحث – Search، وقواعد البيانات – Database ، مع الاستعانة بمضيئات كيميائية لتمييزها على شاشة الحاسب . واضح أن هذا موضوع كبير ومتخصص فى مجالات البيولوجيا والطب ، ويستعين بتكنولوچيا الإلكترونيات وحزم خلفية عديدة ومتقدمة ، ولا مجال هنا للتعرض لتفاصيل أكثر . وقد تم فعلاً إعلان ٩٠ ٪ من المستهدف فى منتصف عام ٢٠٠٠ .

٧/٥/٦ نظم القياسات والاختبارات الآلية

علم دون تقنين وقياس ، ظلام وتخبط ، ونظم دون اختبار وصيانة ، تخريب وإهدار . هذه مبادئ أساسية لأى نشاط بشرى لم ولن يتغير ، وتنطبق على الماضى والحاضر والمستقبل .

توفير أجهزة القياس الأمينة والكافية مطلب أساسى لحسن أداء أى نظام ، كما أنها نقطة الارتكاز للاختبار والتشخيص والصيانة . بالتركيز على ما نحن بصدده ، وهو هندسة الإلكترونيات ، فإن من أبرز ما يهمنا قياسه هو الجهد الكهربى ووحدته الفولت، والتيار الكهربى ووحدته الأمبير ، والمقاومة أو الممانعة ووحدتها الأوم ، والمجال المغناطيسى ووحدته تسلا ، ومشتقات هذه المتغيرات من طاقة وقدرة وخلافه . إذ تركنا جانباً أجهزة القياس القديمة بأحجامها الكبيرة وإمكانياتها المحدودة ، فإن أجهزة القياس الحديثة معظمها رقمية متعددة الأداء متشعبة الإمكانيات صغيرة الحجم وفى الوقت نفسه سهلة الاستعمال . كمثل لهذه الأجهزة ، توجد حالياً أجهزة قياس محمولة فى كفة اليد الواحدة وتجمع بين راسم موجات حتى تردد ١٠٠ ميجاهرتز ، وقياس الجهد والتيار والممانعة حتى تردد ٥٠ ميجاهرتز ، والزمن حتى ٢٠٠ بيكوثانية ، وبها ذاكرة ٣٠ كيلو ماك قادرة على تخزين ١٥٠ شاشة للراسم ، ويمكن ربطها بحاسب إلكترونى لتوسعة إمكانياتها . ومازال الاتجاه مستمراً إلى التصغير فى الحجم والزيادة فى الإمكانيات والسرعة فى الأداء مع التخفيض فى الأسعار . أيضاً ، تنتشر حالياً نظم قياس متكاملة تجمع بين أكثر من وحدة قياس على الكارت الواحد لتقليل عدد الكروت ، وبالتالى حجم النظام ككل . لم يكن ليتم كل هذا التطور لولا فضل استعمال تكنولوچيا الإلكترونيات الدقيقة ، وخاصة المعالجات الدقيقة والمحكمات الدقيقة ووحدات الذاكرة الحديثة . كذلك ، مع انتشار النظم الرقمية فى جميع المجالات الإلكترونية ، وما تبعها من التزام بمواصفات قياسية محددة لكل مجال ، فقد ازداد الطلب على أجهزة قياس موصفة التطبيق – Application Specific ، بمعنى أن يكون لكل مجال أجهزته الخاصة مصممة خصيصاً لقياس مواصفاته القياسية والتحقق منها .

من ناحية الاختبار والتشخيص والصيانة ، فالتطورات لم تكن اختيارية ، بل ملزمة وأكثر عمقاً . فمع ظهور الدوائر المتكاملة وتطورها حتى الدوائر المتكاملة الشديدة

الاتساع – VLSI ، التى تمثل فى ذاتها نظاماً على شريحة ، وتجميع هذه الدوائر المتكاملة على كروت دوائر مطبوعة ، ثم تجميع هذه الكروت فى وحدات ، وتكوين نظام متكامل من هذه الوحدات ، كل هذا وضع الاختبار والتشخيص والصيانة فى وضع مختلف تماماً عما كان عليه الحال أيام استعمال النبائط المنفردة ، سواء كانت الصمامات المفرغة أو الترانزستورات . دون الدخول فى تفاصيل ، يكفينا القول فى هذا الخصوص أن الاختبار اليدوى حالياً مستحيل ، والاختبار النصف آلى محدود ولا يصلح إلا للنظم الصغيرة ، والواضح الآن هو حتمية الاختبار والتشخيص الآلى . لهذا ، تطور الاختبار والتشخيص للنظم الإلكترونية الرقمية إلى فرع علمى كامل من أفرع الإلكترونيات الدقيقة على قدم المساواة مع أفرع تصميم وتنفيذ النظم نفسها . كما أصبحت مسئولية تسهيل الاختبار تؤخذ فى الحسبان منذ البداية عند وضع مواصفات النظام . أدى هذا إلى تطوير وظهور عديد من نظم الاختبار الآلي تشترك جميعها فى الحاجة إلى تصميم وتنفيذ دوائر إضافية سواء على الشريحة أو على الكارت بغرض تسهيل الاختبار والتشخيص بمساعدة عديد من الآليات الخلفية المعقدة والمطورة خصيصاً لتنفيذ ذلك علي الحاسب الإلكترونى . يختلف الاختبار والتشخيص الآلي أثناء التصميم عنه أثناء التصنيع عنه عند الاستعمال . ففى أثناء التصميم يتم الاختبار الآلى على كل مرحلة على حدة قبل الانتقال إلى أخرى ، ويسمى الاختبار فى هذه المرحلة تحقيق التصميم Design Verification ، وتستعمل تغذية خلفية لتصحيح الأخطاء أولاً بأول . فى أثناء التصنيع ، يتم الاختبار على المنتج النهائى لتسويق السليم وتكهين غير السليم . أما عند الاستعمال ، فيتم الاختبار والتشخيص الآلى والصيانة على مراحل ، كما يلى :

١ – الفحص الذاتى – Self Checking على مستوى الوحدة أو النظام . وهذا يستعمل دوائر خاصة تعطى إنذاراً ضوئيًا أو سمعيًا فى حالة العطل . وهذا الفحص يحدد العطل عادة فى كارت معين .

٢ – الاختبار والتشخيص الآلى للكارت ، حيث يوجد عديد من الطرق الغرض منها تحديد العطل إما فى وصلة بين الشرائح أو فى شريحة معينة .

٣ – إصلاح الوصلة أو تغيير الشريحة .

خـــاتمة

يمكن أن نستمر فى هذه الرحلة بلا نهاية ، خاصة وأنها تتعرض لموضوع هندسة الإلكترونيات الذى يتصف بالتشعب والامتداد ، علاوة على اعتماده على قاعدة عريضة من تخصصات مختلفة كالكيمياء والطبيعة والرياضيات . ولكن بما أن الهدف محدود، والزمن أيضاً محدود ، كان لابد من فرض نهاية بشرط أن تكون منطقية ومقبولة . ورغم النظرة الطائرة التى يتسم بها هذا العرض ، فإنه لم يتعرض لجميع أوجه الإلكترونيات . كما أن المواضيع التى تعرضنا لها لم نتعمق فى أى منها حتى لا نخرج أو نشط بعيداً عن الرحلة التى حاولت بقدر الإمكان ، وبحمد الله ، أن تكون رحلة محدودة ولكن واعية .

من المواضيع التى لم نتعرض لها مثلاً ، الإلكترونيات الضوئية وبعض التطبيقات الخاصة . كان الهدف دائماً هو تعرّف المبادئ الأساسية وتطورها أكثر من سرد التطبيقات وتنوعها . فالمبادئ الأساسية تتسم بالأهمية والثبات ، أما التطبيقات ، رغم أهميتها ، فهى اجتهادات قابلة للتعديل والتغيير ، ويحكمها التقدم التكنولوچى والمهارات البشرية . وقد روعى فى العرض الدقة مع البساطة بقدر الإمكان بحيث يستوعبه القارئ العادى بقدر يمكنه من استيعاب وتفهم قراءات أو عروض أخرى مشابهة أو مقارنة ، ويستفيد منه الدارس بإثارة حماسه وترغيبه فى العلم على أنه رحلة ممتعة وليس كابوساً مملاً ، ويتقبله المتخصص كوجهة نظر فى العرض والحوار . والأمل أن يصلح العرض كخلفية مفيدة لمن يريد أن يتعمق .

بدأت فكرة توصيف هذه الرحلة باللغة العربية عن قناعة بمسئولية وواجب المشاركة فى إثراء المكتبة العربية لصالح القارئ العربى . فالإنسان ، وخاصة الشباب ، ثروة من عند الله ، إذا أهملت ، حادت وتشتتت ، وأصبحت عبئاً على الوطن . فالشباب فى حاجة إلى من يقدم له النصح المخلص والعرض الطيب والقدوة الحسنة ، وهذه مسئولية كل متخصص فى مجاله ، سواء كانوا رجال دين ، أو مدرسين ، أو أساتذة جامعات ، أو علماء ، أو ساسة ، أو غير ذلك .

هناك تهافت حالياً على الاستقبال التليفزيونى الذى كثرت مصادره ، وصل إلى حد الإدمان عند البعض . وتخيل كثيرون أن برامج التليفزيون تغنى عن الكتب التى اعتبروها من مخلفات الماضى . وهذا اتجاه خاطئ وضار بالأفراد والمجتمع والأوطان .

فبرامج التليفزيون ، حتى العلمية والتسجيلية منها ، مهما بذل من جهد فى إعدادها ، فهى ضحلة جداً إذا ما قورنت بكتب جيدة التأليف فى المواضيع نفسها . هذا علاوة على قلة هذه البرامج بجوار برامج العنف والجنس والمخدرات التى تقتل محاسن الإنسان وتنمى مساوئه ، وفى اعتقادى أن ما تقاسيه البشرية حالياً من إرهاب وتلوث وكوارث وليد هذا التيار المخرب . وكما يقال بصدق وأمانة «التليفزيون فتنة العين ، والكتاب غذاء العقل» .

العلم أساساً ما هو إلا اكتشاف لمعطيات الخالق بقدر ما تتسع مدارك الإنسان وفكره، وبما أن معطيات الخالق لا تحصى ، فالاكتشافات لن تنتهى ، وقد شاركت البشرية جمعاء منذ بدايتها فى بناء ما نحن فيه الآن من معارف وتكنولوجيا . تم ذلك على مدى حضارات متوالية يذكر التاريخ منها حضارات قدماء المصريين والبابليين والآشوريين والإغريق والفرس والرومان والعرب ثم عصر النهضة الأوروبية فالحضارة الحديثة . من هذا يتضح أن المعارف والتكنولوجيا ليست حكراً على جنس دون آخر ، بل تناوبتها الأجناس على مدى التاريخ فى دورات زمنية طالت أو قصرت . يلاحظ أن هذه الصفة الدورية هى سمة الحياة فى جميع أوجهها ودون استثناء ، وعلى ذلك ليس صحيحاً ما يقال أحياناً أن قطار العلم والتكنولوجيا قد يفوت جنساً معيناً أو شعباً معيناً مهما طال الزمن . وليس هناك مبرر أن يستسلم أحد فى أى مكان إلى اليأس أو فقدان الثقة ما دام قادراً على المشاركة فى العطاء فى مجال يفيد البشرية . فالعمل الجيد إذا لم يثمر اليوم ، فقطعاً سيثمر غداً .

الأعمال الجادة الهادفة تنبع من القلب وتخلق مجتمعاً وصرحاً قوياً يصمد أمام العواصف ، أما الأهواء فتنبع من الشهوات وتخلق مجتمعاً مفككاً وبنياناً هشا ينهار أمام أضعف الرياح . نحن نعيش فى عالم لا يرحم ، من لا يحمى نفسه لن يحميه أحد . ولن يحمى أحد نفسه إلا إذا كان قد أعد لذلك مسبقاً ، فعند الخطر لن يكون هناك وقت للإعداد .

الهدف من هذا الكتاب هو المساهمة فى نشر الوعى العام فى مجال تخصصى ، والمشاركة مع رحلات علمية فى مجالات أخرى ، تتطور مع الزمن لإثراء المكتبة العربية فى جميع المجالات بمشيئة الله . وإذا لم يطل بنا العمر كى نرى ما نأمله ، فعلى الأقل نمهد الطريق للأجيال القادمة كى يصلوا إلى ما يأملون لأنفسهم ونأمله نحن لهم ، بإذن الله .

References مراجـع

01- J. R. Partington : "A Text-Book of Inorganic Chemistry", Macmillan and Co., 1933.

02- A. d' Abro : "The Rise of the New Physics", vol. 1, Dover, 1951.

03- A. d' Abro : "The Rise of the New Physics", vol 2, Dover, 1952.

04- Encyclopedia Brittanica, As Required.

05- John C. Slater : "Modern Physics", McGraw-Hill, 1955.

06- Bryan Morgan : "Men and Discoveries in Electricity", John Murray, 1957.

07- D. G. Cooper : "The Periodic Table", Butterworths Scientific Publications, 1958.

08- E. A. Talkhan : "Introduction to Modern Electronics", Anglo Egyptian, 1971.

09- Sir Alan Gardiner : "Egyptian Grammar", Third ed., Oxford University Press, 1973.

10- D. G. Fink, and D. C. Christiansen, eds. : "Electronics Engineers Handbook", McGraw-Hill, 1982.

11- F. Mazda, ed. : "Electronics Engineer's Reference Book", Butterworths, 1983.

12- A. Ralston, and E. D. Reilly, eds. : "Encyclopedia of Computer Science and Engineering", Van Nostrand Reinhold Company, 1983.

13- M. Morris Mano : "Digital Design", Prentice-Hall, 1984.

14- Stillman Drake : "Galileo", Oxford University Press, 1987.

15- E. S. Yang : "Microelectronic Devices", McGraw-Hill, 1988.

16- أ. د. عبد العزيز صالح : / الشرق الأدني القديم / ، مكتبة الأنجلو المصرية ، ١٩٩٥ .

17- Each January Issue of the IEEE Spectrum.

obeikandi.com