

٦ - الدوائر والنظم والإلكترونية

١/٦ مقدمة

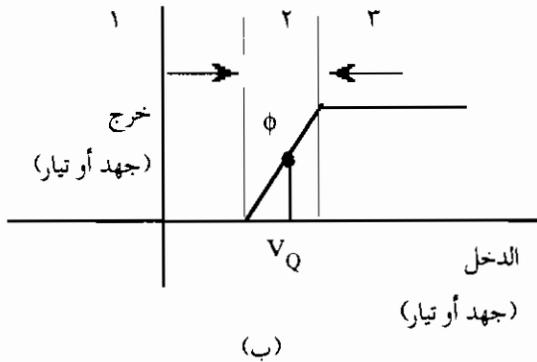
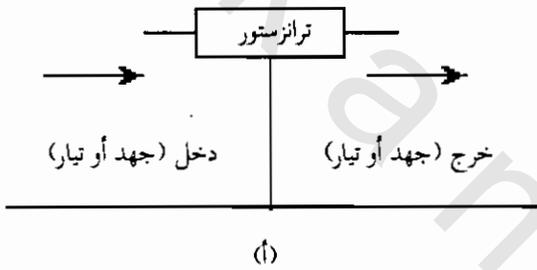
مع تطور الدوائر المتكاملة إلى المستوى الشديد الاتساع - Very Large Scale Integration (VLSI) وما يسمى أحياناً المستوى الفائق الاتساع - Ultra Large Scale Integration (ULSI) ، فإن تعريف الدوائر والنظم الإلكترونية والتميز بينها أصبح يختلف تماماً عما كان الحال عليه قبل أيام الصمامات الإلكترونية أو الترانزستورات المنفردة . فقد تداخلت المسميات واختلطت المصنفات . كما أوضحنا سابقاً ، فإن الدوائر المتكاملة تندرج من دوائر صغيرة الاتساع - SSI إلى متوسطة الاتساع - MSI إلى كبيرة الاتساع - LSI إلى شديدة الاتساع - VLSI إلى ما يسمى أحياناً فائقة الاتساع - ULSI ، حسب عدد الترانزستورات في كل منها وتعقيد الدوائر وشمول الأداء . من هذه الوجهة ، يمكن إعتبار الإتساعين الأول والثاني - SSI, MSI في عداد الدوائر ، والاتساع الثالث - LSI بين دائرة ووحدة - Module ، والاتساع الرابع فما فوقه - VLSI, ULSI نظاماً كاملاً يطلق عليه أحياناً «نظام على شريحة - System on Chip» . من الأمثلة المشهورة للنظم على شرائح المعالج الدقيق - Microprocessor ، والمحكم الدقيق - Microcontroller ، والمعالج الرقمي للإشارات - Digital Signal Processor (DSP) ، وغير ذلك . تتكون الدوائر من مجموعة من النباط ، وتتكون الوحدة من مجموعة من الدوائر ، ويتكون النظام من مجموعة من الوحدات . والمقصود عادة بالنظام هو مجموعة الوحدات التي تؤدي غرضاً تطبيقياً مفيداً بمواصفات أداء محددة .

تندرج النظم من نظم كبيرة جداً تشمل العالم بأجمعه كشبكة الإنترنت - Internet ومحطات الإرسال الإذاعي والتليفزيون العالمية ، إلى نظم محلية كشبكة التليفون المحلية والإرسال الإذاعي والتليفزيون المحلي ، إلى نظم محدودة كشبكات الحاسبات المحلية - Local Area Networks (LANs) إلى أجهزة متعددة الأغراض ، كسنترال تليفوني مثلاً ، مكون من مجموعة من الكاراتات المطبوعة - Printed Circuit Boards (PCBs) يحتوى كل منها على مجموعة من الدوائر المتكاملة ومتواجدة داخل كابينة أو أكثر ، إلى أجهزة محدودة كأجهزة التليفون والراديو والتليفزيون والحاسب الشخصي ، إلى نظام على شريحة دائرة متكاملة شديدة أو فائقة الاتساع . عندما يكون النظام كبيراً جداً ، يتم عادة تقسيمه إلى مجموعة من النظم

الأصغر تسمى نظاماً تحتية - Subsystems ، وذلك كى يسهل التعامل معها فى التحليل والتصميم والاختبار والصيانة .

تنقسم الدوائر والنظم الإلكترونية إلى دوائر ونظم تماثلية تتعامل مع الإشارات التماثلية ، ودوائر ونظم رقمية تتعامل مع الإشارات الرقمية . كما توجد أيضاً دوائر مواجهة بين التماثلى والرقمى مثل DAC , ADC السابق ذكرها ، وكذلك دوائر المقارنة - Comparators ، ودوائر القطع والربط التماثلية - Analog Switches التى تتحكم فيها إشارات رقمية .

الدوائر الإلكترونية ، سواء منها التماثلى أو الرقمى ، تستعمل النبائط الفعالة (الترانزستور) نفسها بالإضافة أحياناً إلى بعض المكونات غير الفعالة مثل المقاومات والمكثفات. دون الإخلال بالعموميات، فإنه يمكن تقريب خواص دائرة الترانزستور كما هو موضح بالشكل (١-٦) . الشكل (١-٦-أ) يوضح نموذج الدائرة من حيث إن له



شكل (١-٦)

دخلاً وخارجاً يحدد كل منهما بالجهد أو التيار . الشكل (١-٦-ب) يمثل نموذجاً للعلاقة بين الدخل والخرج ، حيث يلاحظ أنه ينقسم إلى ثلاثة مناطق ١ ، ٢ ، ٣ .

المنطقة ١ تمثل القطع حيث لا يوجد خرج ويعرف بالمستوى "0". المنطقة ٢ تمثل الحالة الفعالة للترانزستور ، حيث يتغير الخرج تدريجياً مع الدخل بطريقة خطية تناسبية - Linear Relation . المنطقة ٣ تمثل التشبع ، حيث يستقر الخرج عند قيمة ثابتة مهما ازداد الدخل ويعرف بالمستوى "1". فى الدوائر التماثلية ، ينحصر عمل الدائرة فى المنطقة ٢ ، وفى أغلب الأحيان لا يسمح لها بتجاوزها إلى أى من المنطقتين ١ أو ٣ ، حيث يتسبب أى تجاوز فى حدوث تشويه فى إشارة الخرج التماثلية. لضمان ذلك يلزم توصيل جهد انحياز مستمر V_Q على الدخل فى وسط المنطقة ٢ والسماح لإشارة الدخل التماثلية بالتغير يمين ويسار هذه النقطة V_Q فقط بالقدر الذى يحفظها داخل المنطقة ٢ ، مع ملاحظة أن المدى الديناميكي للإشارة التماثلية يزداد كلما ازداد عرض وارتفاع المنطقة ٢ . فى الدوائر الرقمية ، تنحصر الإشارة الرقمية إما فى المنطقة ١ ، وتمثل الخرج "0" ، أو فى المنطقة ٣ وتمثل الخرج "1". الانتقال من "0" إلى "1" وبالعكس مروراً بالمنطقة ٢ يجب أن يتم سريعاً . فى الواقع سرعة هذا الانتقال هى التى تحدد سرعة الدوائر والنظم الإلكترونية الرقمية . واضح أنه كلما كان عرض المنطقة ٢ أقل كانت سرعة الانتقال أعلى ، وعادة تصمم الدوائر الرقمية بحيث يكون هذا العرض صفر تقريباً .

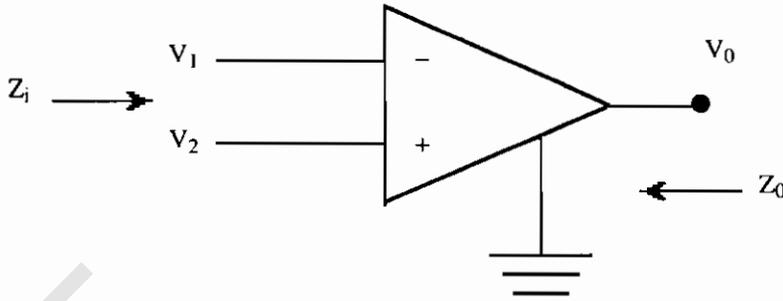
مع الإلكترونيات الدقيقة والدوائر المتكاملة ، يستحيل تصميم النظم يدوياً . يتم التصميم عادة باستعمال الحاسب الإلكتروني وآليات خلفية متداولة خصيصاً لهذه الأغراض فيما يسمى بالآليات التصميم بمساعدة الحاسب - Computer Aided Design Tools (CAD Tools) ، متدرجة من آليات صغيرة متواضعة إلى آليات كبيرة متقدمة حسب حجم وتعقيد النظم المراد تصميمها . تستعمل هذه الآليات فى التصميم ابتداء من أعلى مستوى وهو المواصفات المطلوبة ، إلى أدنى مستوى وهو ترتيب أوضاع الترانزستورات - Layout على شريحة السيليكون ، والربط بينها - Routing . يدخل التصميم بعد ذلك إلى مرحلة التنفيذ ابتداء من تجهيز الأقنعة - Masks إلى صناعة الدوائر المتكاملة كما ذكرنا سابقاً . تستعمل طرق التصميم نفسها بمساعدة الحاسب الإلكتروني فى حالة نظام على كارت دائرة مطبوعة - PCB ، أو مجموعة من هذه الكارتات ، وذلك باستخدام آليات خلفية مخصصة لذلك . فى النظم التماثلية أو الرقمية ، يوجد مجموعة من الدوائر أو الوحدات الكثيرة الاستعمال . عادة ، تختزن تصميمات مثالية لهذه الدوائر والوحدات على شكل بيانات فى خلفيات تسمى مكتبات - Libraries . بذلك ، لن يكون هناك ما يدعو إلى تكرار تصميمها كلما احتجنا إليها ، بل تستدعى التصميمات المطلوبة من المكتبات التى هى عادة متوفرة من مصادر عديدة. عند الاحتياج إلى أى من هذه الدوائر أو الوحدات فى تصميم نظام ، يتم استدعاؤها من المكتبة المناسبة وضمها إلى البرنامج الرئيسى الخاص بتصميم النظام .

كلما ازداد تعقيد النظام ، سواء على شريحة أو كارت أو مجموعة كارتات ، ازدادت صعوبة إختباره وصيانته وإصلاحه . كما يستحيل القيام بذلك يدوياً . لذلك ، ازداد الإهتمام بتسهيل اختبار هذه النظم آلياً . وأصبحت طرق الاختبار الآلي للنظم الإلكترونية الحديثة فرعاً علمياً بذاته له أبحاثه ومؤلفاته وتطبيقاته . حالياً ، يؤخذ الاختبار فى الحسبان مبكراً مع بداية التصميم ، وغالباً ما تضاف دوائر خاصة لتسهيل الاختبارات واكتشاف الأعطال سواء أثناء الإنتاج أو عند التشغيل .

٢/٦ الدوائر التماثلية

كما ذكرنا فى مقدمة هذا الباب ، تستعمل الدوائر التماثلية الترانزستور فى منطقته الفعالة التى يتغير فيها الخرج مع الدخل بتناسب خطى - Linear . وهذا يستلزم تدبير جهد انحياز مناسب لوضع الترانزستور فى منتصف هذه المنطقة . يسمح تواجد الإشارة التماثلية بالتحرك حول نقطة المنتصف هذه فى حدود المنطقة الفعالة وعدم تخطيها إلى أى من منطقتى القطع أو التشبع . يوجد العديد من الدوائر التماثلية من أهمها دوائر توليد الإشارات الجيبية وتسمى مذبذبات - Oscillators عند ترددات وقيم مختلفة والمكبرات - Amplifiers بأنواعها من مكبرات سمعية لتغطية مدى التردد السمعى من ٢٠ هرتز إلى ٢٠ كيلو هرتز ، ومكبرات الفيديو لتغطية مدى تردد إشارات الفيديو من ٢٥ هرتز إلى ٥ ميغاهرتز ، ومكبرات الراديو المولفة التى تغطى حزمة معينة فى مدى تردد الراديو حتى بداية الترددات الميكرووية ، ومكبرات التردد البينى - IF ، وغير ذلك . يوجد أيضاً مجموعة أخرى من الدوائر تدخل فى نطاق الدوائر التماثلية، وتتميز بأن عملها يعتمد على علاقة غير خطية - Nonlinear بين الدخل والخرج . من هذه الدوائر ، دوائر الخلط - Mixers التى تستعمل فى أجهزة الاستقبال اللاسلكية وتنقل المدى الترددى للإشارة التماثلية من حزمة ترددية عند أى موقع على الطيف الكهرومغناطيسى إلى حزمة ترددية عند موقع آخر حول تردد بينى Intermediate Frequency (IF) - f_1 ، ودوائر التعديل - Modulators التى تستعمل فى دوائر الإرسال اللاسلكية وتنقل المدى الترددى للإشارات التماثلية إلى حزمة ترددية عند أى موقع على الطيف الكهرومغناطيسى حسب تردد الموجه الحاملة Carrier Frequency (f_c) ، ودوائر الكشف - Detectors التى تستعمل فى أجهزة الاستقبال وتسترجع الحزمة الترددية المعدلة ثانياً إلى المدى الترددى الأصيل للإشارة التماثلية ، ودوائر التحديد - Limiters التى تحدد القيم العليا للإشارات التماثلية عند مستويات معينة ، وغير ذلك .

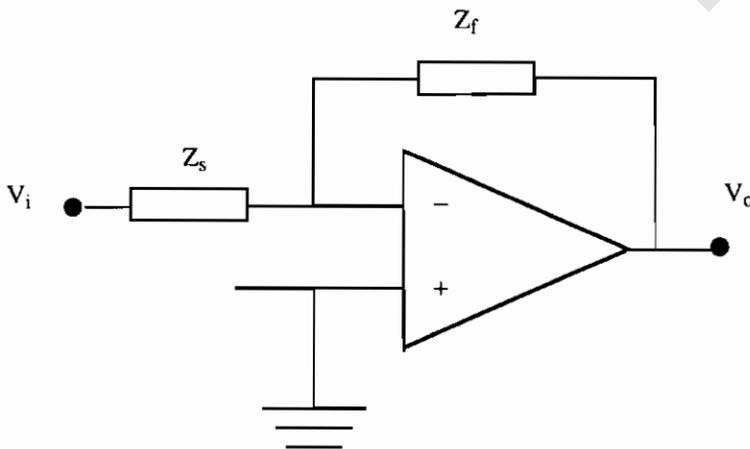
هناك نوع من المكبرات له صفات وأهمية خاصة ، يطلق عليه مكبر العمليات - Operational Amplifiers . يمتاز هذا النوع من المكبرات بمواصفات خاصة تجعله محوراً للعديد من التطبيقات المهمة فى النظم التماثلية . يوضح الشكل (٦-٢) الرسم الرمزي لهذا المكبر ، ومن مواصفاته المثلى ما يلى :



شكل (٦-٢)

- ١ - الخرج V_0 يتناسب مع الفرق بين دخلين V_1, V_2 ، ولا يتأثر بمتوسط قيمتهما . $V_0 = A (V_2 - V_1)$.
- ٢ - يغطي المدى الترددي من صفر - DC إلى تردد مرتفع حسب الإحتياج .
- ٣ - قيمة التكبير - A عند بداية المدى الترددي يساوى ما لا نهاية .
- ٤ - قيمة ممانعة الدخل - Z_i تساوى ما لا نهاية .
- ٥ - قيمة ممانعة الخرج - Z_0 تساوى صفرأ .

هذه هى المواصفات المثلى ، ولكن الواقع دائماً يختلف ، وكلما اقتربت المواصفات الواقعية من المثلى كان المكبر أفضل . باستعمال هذا المكبر مع تغذية خلفية كما هو موضح بالشكل (٦-٣) فإنه يمكن الحصول على دوائر تماثلية مفيدة تعتمد خواصها على قيم ونوعية الممانعات Z_s, Z_f . فعلى سبيل المثال :



$$A = V_o / V_i = Z_f / Z_s$$

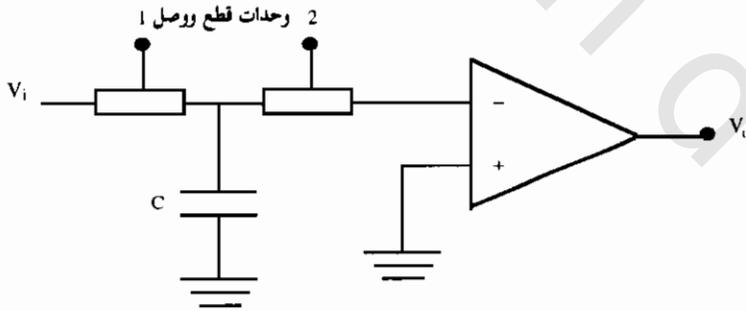
شكل (٦-٣)

١ - إذا كانت كل من Z_s ، Z_f مقاومة ، فإننا نحصل على مكبر عادي بقيم للتكبير حسب الاحتياج .

٢ - إذا كانت Z_f مقاومة و Z_s مكثف ، فإننا نحصل على دائرة تفاضلية ، حيث يكون الخرج تفاضل الدخل .

٣ - إذا كانت Z_f مكثف و Z_s مقاومة ، فإننا نحصل على دائرة تكاملية ، حيث يكون الخرج تكامل الدخل .

أيضاً ، باستعمال هذه المكبرات ، يمكن تصميم دوائر تماثلية أخرى مهمة تعرف بالدوائر التماثلية الفعالة ، من أمثلة هذه الدوائر مرشحات الترددات بأنواعها الثلاثة ، السماح المنخفض - Low Pass (LP) ، السماح الحزمي - Band Pass (BP) ، السماح المرتفع - High Pass (LP) . وكذلك دوائر أخرى مفيدة مثل الدوائر الدوارة - Gyration Circuits ودوائر تحويل التيار - Current Conveyors ، وغير ذلك مما لا مجال هنا للدخول في تفاصيله . أيضاً ، يستعمل مكبر العمليات في نوع آخر مهم من الدوائر التماثلية تسمى دوائر قطع ووصل المكثفات - Switched Capacitor Circuits . يوضح الشكل (٦-٤) عينة مبسطة لهذا النوع من الدوائر .



شكل (٦-٤)

بقطع ووصل مكثفات في الدائرة في أماكن مختارة بتردد وتوزيع معين يمكن تصميم عديد من الدوائر المفيدة بما في ذلك المرشحات بأنواعها . تمتاز هذه الدوائر بأنها من أكثر الدوائر التماثلية مواءمة مع تكنولوجيا الدوائر المتكاملة من حيث سهولة التنفيذ وزيادة الكثافة على الشريحة .

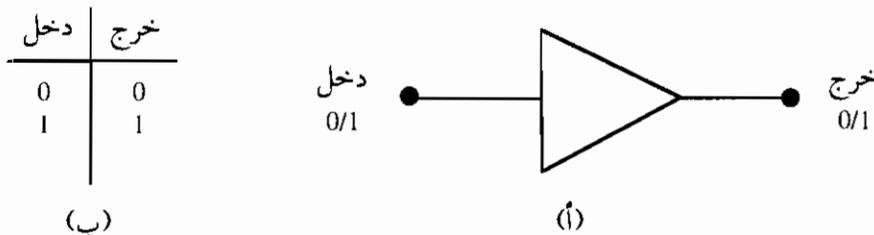
تتكون النظم التماثلية من دوائر تماثلية ، وتعامل مع إشارات تماثلية . في زمن الصمامات الإلكترونية وبداية الترانزستورات المنفردة ، كانت معظم النظم

الإلكترونية تماثلية . رغم الانكماش الحالى للنظم التماثلية فى صالح النظم الرقمية مع التطورات فى الدوائر المتكاملة والحاسبات ، فإن تواجدها سيظل حتمياً فى تطبيقات عديدة إما تماثلية بالكامل أو خليط بين التماثلى والرقمى فيما يعرف بالنظم المختلطة .

من النظم التى مازالت تماثلية حتى يومنا هذا ، نظم الإرسال والاستقبال الإذاعى والتليفزيون ، ومن النظم التى هى خليط بين تماثلية ورقمى نظم الشبكات والخدمات التليفونية . على أية حال ، فإن التحول من نظم تماثلية إلى نظم رقمية مستمر . فعلى سبيل المثال ، هناك جهود جديّة تبذل حالياً لتحويل الإرسال والاستقبال التليفزيونى إلى نظام رقمى فيما يعرف بالتليفزيون العالى الجودة - High Difinition TV (HDTV) . وقد وصلت هذه الجهود إلى مراحل متقدمة ينتظر تطبيقها فى وقت قريب .

٤/٦ الدوائر الرقمية

كما ذكرنا فى مقدمة هذا الباب ، تستعمل الدوائر الرقمية الترانزستور فى حالتى القطع والتشيع ، بحيث إذا مثلت إحدى هذين الحالتين "0" تمثل الثانية "1" . وعند الانتقال من حالة إلى أخرى ، مروراً بالمنطقة الفعالة ، فإن هذا يجب أن يحدث بأقصى سرعة ، حيث إن سرعة هذا الانتقال هى التى تحدد سرعة الدوائر والنظم الرقمية عند التطبيق العملى . يمكن تمثيل الدوائر والنظم الرقمية على عدة مستويات ، ابتداء من مستوى دوائر الترانزستور عند القاع ، وهو المستوى الذى ينقل على السيليكون عند التصنيع ، إلى مستوى مواصفات النظام عند القمة ، مروراً بمستوى البوابات ، ثم مستوى السجلات ، ثم مستوى الوحدات ، ثم مستوى النظم التحتية ، إلى مستوى النظام الكامل . كما أن المكبر يمثل الوحدة الأساسية التى تبنى منها الدوائر التماثلية فإن البوابة - Gate تمثل الوحدة الأساسية التى تبنى منها الدوائر الرقمية . هنا يجب أن نتذكر أن الدوائر والنظم الإلكترونية الرقمية تتعامل مع قيمتين فقط فى تمثيل الإشارة القيمة "0" والقيمة "1" ، أى أن أى نقطة أو خط توصيل فى الدائرة الرقمية أو النظام الرقمى تأخذ فقط إما القيمة "0" أو القيمة "1" ، مع الانتقال بين هاتين القيمتين حسب ديناميكية الدائرة الرقمية أو النظام الرقمى . أبسط أنواع البوابات هى بوابة الحاجز - Buffer ، وهذه لها مدخل واحد ومخرج واحد ، والمخرج هو الدخلى نفسه . يرمز لبوابة الحاجز بالرمز البيانى الموضح بالشكل (٦-٥) وتتحدد

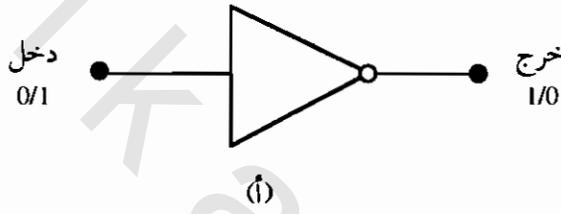


شكل (٦-٥)

العلاقة بين الخرج والدخل بما يعرف بجدول الحقيقة - Truth Table الموضحة بالشكل (٦-٥-ب). قد يسأل البعض ، ما فائدة هذه البوابة إذا كان الخرج هو الدخل نفسه ؟ فى الواقع ، لهذه البوابة فائدة كبيرة ، ومن أجلها تستعمل كثيراً ، ذلك أنه ، رغم أن الخرج هو الدخل نفسه ، إلا أنها تحجز البيئة ناحية الخرج عن البيئة ناحية الدخل ، بمعنى أن أى مؤثر غير مرغوب فى ناحية الخرج لا ينتقل تأثيره إلى ناحية الدخل . فمثلاً ، إذا تواجد فى ناحية الخرج حمل نازف كمكثف كبير ، فإن ناحية الدخل . لا تشعر بهذا الحمل . بوابة أخرى على المستوى نفسه من البساطة ، ولها أيضاً مدخل واحد ومخرج واحد ، هى بوابة العاكس - Inverter . يرمز لهذه البوابة بالرمز البياني الموضح بالشكل (٦-٦-أ) . بالإضافة إلى حجز الخرج عن

دخول	خروج
0	1
1	0

(ب)



شكل (٦-٦)

الدخل كالبوابة السابقة ، فإن هذه البوابة تعكس الدخل ، بمعنى أن الخرج عكس الدخل كما هو موضح بجدول الحقيقة فى الشكل (٦-٦-ب) . يلاحظ فى رمز بوابة العاكس وجود الدائرة الصغيرة عند نقطة الخرج . هذه الدائرة الصغيرة تستعمل كثيراً فى الدوائر الرقمية كى تمثل الانعكاس ، بمعنى أن ما بعدها عكس ما قبلها . وبمفهوم أعم ، إذا كان ما قبلها x فإن ما بعدها يكون \bar{x} ، حيث تواجد العلامة «-» على المتغير يمثل عكس هذا المتغير .

معظم البوابات الأخرى لها أكبر من دخل ، على الأقل اثنين ، وفى الغالب لها خرج واحد . يوضح الشكل (٦-٧) مجموعة البوابات المنطقية الأساسية التى منها يمكن تجميع أى دائرة رقمية من أى نوع ولأى غرض . يوضح هذا الشكل الرمز الممثل لكل بوابة ومعادلة بوليين وجدول الحقيقة الخاصين بكل منها ، وهذه البوابات هي :

١ - البوابة الجمعية - AND Gate ، لها مدخلان أو أكثر وخرج واحد . يكون الخرج "١" عندما تكون كل المدخل "١" .

اسم البوابة Name	الرمز البياني Graphic Symbol	معادلة بوليين Algebraic Function	جدول الحقيقة Truth Table															
AND - جماعى		$F = xy$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
x	y	F																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR - اختياري		$F = x + y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
x	y	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
Buffer - حاجز		$F = x$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	F	0	0	1	1									
x	F																	
0	0																	
1	1																	
Inverter - عاكس		$F = \bar{x}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	F	0	1	1	0									
x	F																	
0	1																	
1	0																	
NAND - لاجماعى		$F = (\overline{xy})$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
x	y	F																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
NOR - لااختياري		$F = \overline{(x + y)}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
x	y	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																
Exclusive-OR (XOR) - اختياري مقصور		$F = \bar{x}y + x\bar{y}$ $= x \oplus y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
x	y	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
Exclusive NOR or (Equivalence) - لااختياري مقصور		$F = \bar{x}\bar{y} + x\bar{y}$ $= x \odot y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x	y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
x	y	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																

شكل (٦-٧) : مجموعة البوابات المنطقية الأساسية .

- ٢ - البوابة الاختيارية - OR Gate ، لها مدخلان أو أكثر وخرج واحد . يكون الخرج "1" عندما يكون أى من المداخل أو جميعهم "1" .
- ٣ - بوابة الحاجز - Buffer ، لها دخل واحد وخرج واحد. الخرج هو الدخل نفسه.
- ٤ - بوابة العاكس - Inverter لها دخل واحد وخرج واحد . الخرج عكس الدخل .
- ٥ - البوابة اللاجمعية - NAND Gate ، عكس البوابة رقم ١ .
- ٦ - البوابة اللاختيارية - NOR Gate ، عكس البوابة رقم ٢ .
- ٧ - بوابة اختيارية مقصورة - Exclusive OR (XOR) ، لها مدخلان وخرج واحد. الخرج يكون "1" فقط عندما يكون أحد المدخلين "1" وليس كليهما .
- ٨ - بوابة لا اختيارية مقصورة - Exclusive NOR (XNOR) ، وأحياناً تسمى بوابة التكافؤ ، لها مدخلان وخرج واحد . يكون الخرج "1" فقط عندما يكون المدخلان متكافئين ، أى كليهما "0" أو كليهما "1" .

كما قلنا سابقاً ، فإن أى دائرة رقمية ، مهما كان نوعها أو الغرض منها ، يمكن تجميعها من هذه البوابات .

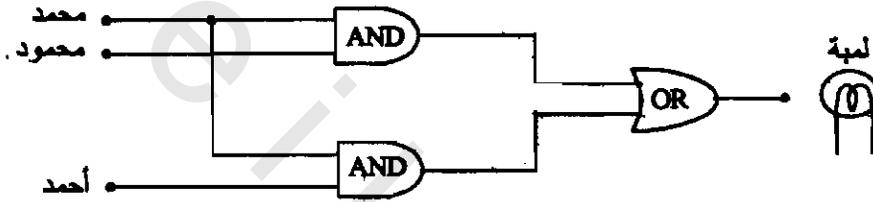
بخلاف الوضع فى حالة الدوائر التماثلية ، يوجد نوعان مميزان للدوائر الرقمية ، النوع الأول يسمى الدوائر الرقمية التجمعية - Combinational Digital Circuits ، وفيها يتحدد الخرج حسب قيم الدخول المتواجدة . النوع الثانى يسمى الدوائر الرقمية التعاقبية - Sequential Digital Circuits ، وفيها يتحدد الخرج حسب قيم الدخول المتواجدة بالإضافة إلى قيم خرج سابقة ، وهذا يعنى إما تواجد تغذية خلفية - Feedback أو تخزين - Storage . فى حالة الدوائر التعاقبية ، يلزم الانتباه إلى عامل الزمن كى نضمن صحة تزامن المداخل المختلفة قبل اعتماد الخرج . هذا يستدعى إما تدبير إشارات تزامن - Clock Signals لحفظ التزامن - Synchronization أو الاعتماد على بروتوكولات تزامنية ذاتية - Self Timing دون الحاجة إلى إشارات تزامن - Asynchronous . يحتاج التزامن الذاتى إلى دوائر إضافية لتأمين فاعليته . لزيادة الإيضاح ، نستعرض ثلاثة أمثلة . إثنان لدوائر رقمية تجمعية ، إحداهما منطقية والأخرى حسابية ، والمثال الثالث لدائرة رقمية تعاقبية .

مثال ١ - دائرة رقمية تجمعية منطقية .

ثلاثة شبان ، محمد ومحمود وأحمد ، يمثل تواجد أى منهم "1" ، وعدم تواجده "0" . ولبة تضىء عند المستوى "1" وتنطفئ عند المستوى "0" .

المطلوب : أن تضيء اللمبة إذا تواجد محمد مع محمود أو محمد مع أحمد ، وتنطفئ فيما عدا ذلك . أي تنطفئ إذا تواجد أى شاب بمفرده أو تواجد محمود مع أحمد .

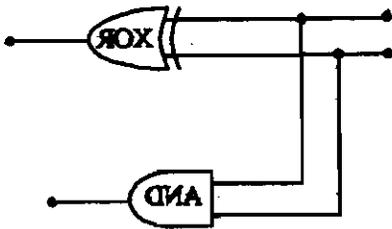
يمكن تنفيذ ذلك بالدائرة المنطقية الموضحة بالشكل (٦-٨) والمكونة من بوابتين جمعيتين وبوابة واحدة اختيارية . بمراجعة هذا الشكل يتضح أن اللمبة تضيء فقط إذا تواجد محمد مع محمود أو محمد مع أحمد كما هو مطلوب .



شكل (٦-٨)

مثال ٢ - دائرة رقمية تجمعية حسابية :

لجمع ٢ ماك - bits ، x ، y ، من السهل متابعة أن الجمع S والباقي C يتبعان جدول الحقيقة في الشكل (٦-٩-ب) . كما أنه من السهل متابعة تنفيذ هذا الجدول بالدائرة الحسابية الموضحة في الشكل (٦-٩-أ) .



(أ)

C	S	y	x
0	0	0	0
0	1	1	0
0	1	0	1
1	0	1	1

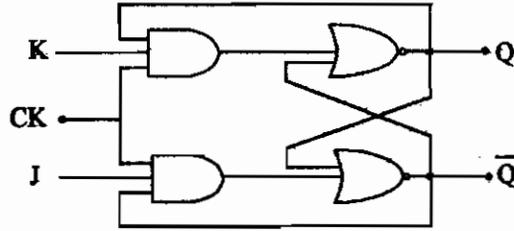
(ب)

شكل (٦-٩) : دائرة حسابية .

مثال ٣ - دائرة رقمية تعاقبية :

أبسط مثال لهذه الدائرة هو دائرة النطاظ - Flip Flop . ومن أشهرها نطاظ JK كما هو موضح بالشكل (٦-١٠-أ) ورمزه بالشكل (٦-١٠-ب) وجدول الحقيقة بالشكل (٦-١٠-ج) .

Q	J	K	Q+
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0



(ج) جدول الحقيقة

(ب) الرمز

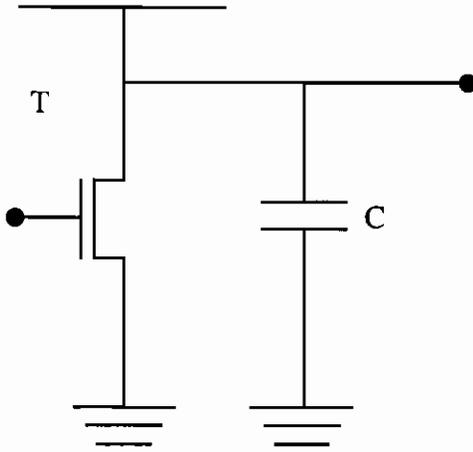
(أ) الدائرة

شكل (٦-١٠) : دائرة رقمية تعاقبية .

الأمثلة السابقة ، رغم بساطتها ، إلا أنها تعطي وتوضح الفكر المتبع لتنفيذ الدوائر الرقمية التجمعية والتعاقبية الأكثر تعقيداً .

بالإضافة إلى ما سبق ، يوجد فرع آخر من الدوائر الرقمية ذات طابع خاص ، وتستعمل أساساً في تخزين الإشارات والمعلومات . يعتبر تخزين الإشارات والمعلومات احتياجاً أساسياً في النظم الرقمية عامة والحاسبات الإلكترونية بوجه خاص . أوعية التخزين عديدة ، منها المتنقل والمحمول كالشرائط والأقراص المغناطيسية ، ومنها المثبت في جهاز ويسمى ذاكرة - Memory . يمكن تنفيذ الذاكرة بعدد من التكنولوجيات . ففي بداية ظهور الحاسبات الإلكترونية كانت تستعمل أسطوانة مغناطيسية - Magnetic Drum ، ثم تطورت هذه إلى قوالب مغناطيسية Magnetic Cores ، ثم تطورت هذه إلى ذاكرة أشباه الموصلات Semiconductor Memory . ما يهمنا هنا هو التكنولوجيا الأخيرة ، أي ذاكرة أشباه الموصلات .

هناك نوعان أساسيان لذاكرة أشباه الموصلات . ذاكرة دائمة تحتفظ بما فيها من مخزون رغم انقطاع الطاقة الكهربائية . وذاكرة متبخرة تفقد ما فيها من مخزون عند انقطاع الطاقة الكهربائية . من أمثلة الذاكرة الدائمة الذاكرة التي يمكن أن تقرأ فقط - Read Only Memory (ROM) ، ومن أمثلة الذاكرة المتبخرة تلك التي يمكن



شكل (٦-١٢) : خلية الذاكرة الديناميكية .

الشريحة ، تعاني الذاكرة الديناميكية من احتياجها إلى تجديد المخزون على فترات رغم استمرارية تواجد الطاقة الكهربائية ، ولكنها عالية الكثافة على الشريحة . بسبب السعة الكبيرة لشريحة الذاكرة الديناميكية ، فإنها هي التي تستعمل في ذاكرة الحاسبات الإلكترونية .

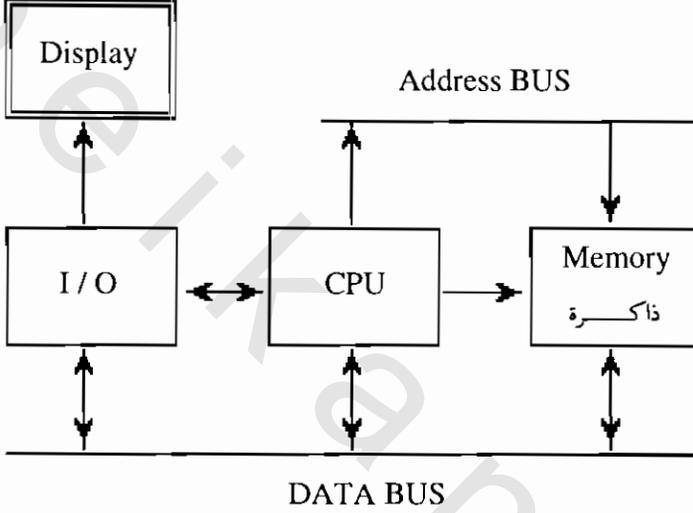
تتكون النظم الإلكترونية الرقمية من دوائر إلكترونية رقمية ، وتتعامل مع إشارات رقمية . هذه النظم هي المنتشرة حالياً في عالم الإلكترونيات والاتصالات الكهربائية والتحكم والحاسبات والشبكات . هناك حالياً سباق لتحويل النظم التماثلية إلى رقمية كلما أمكن ، والنظم التماثلية التي لم تتحول بعد إلى رقمية في طريقها إلى ذلك ، حيث من المتوقع ألا يبق للنظم التماثلية إلا فجوات قليلة بالإضافة إلى مواقع حتمية مثل مواقع المواجهات عند مداخل ومخارج النظم الرقمية . تبدأ النظم الإلكترونية الرقمية من نظم صغيرة كجهاز قياس رقمي محمول أو تليفون محمول إلى نظم تشمل العالم بأكمله كسلسلة الأقمار الصناعية ونظام شبكة الإنترنت . وقد انتشرت النظم الإلكترونية الرقمية في جميع أوجه الحياة ، وغطت عديداً من المجالات لدرجة أنها أصبحت ملموسة للشخص العادي في المنزل والمكتب والشارع . والتقدم في هذه النظم سريع الإيقاع سواء في التطور رأسياً في المجال نفسه أو أفقياً في الاتساع والانتشار إلى مجالات أخرى . رغم انتشار النظم الإلكترونية الرقمية وتداخلها المتشعب في نسيج الحياة ، فإننا سنتعرض هنا باختصار لأهم سبعة مجالات فقط هي الحاسبات وشبكات الحاسب ، الاتصالات الكهربائية ، الإلكترونيات الاستهلاكية ، الإلكترونيات الصناعية ، إلكترونيات الفضاء والتطبيقات الحربية ، الإلكترونيات الطبية ، القياسات والاختبارات

٥/٦ النظم الإلكترونية الرقمية

الآلية ، حيث سنتعرض باختصار شديد للوضع الحالي في كل مجال وتوقعاته المستقبلية .

تعتبر الحاسبات حالياً من أكثر النظم الإلكترونية الرقمية شعبية . فكثيرون يمتلكون حاسباً من نوع أو آخر ، وأكثرهم يستعملون الحاسبات ، والكل يسمع عنها . كما هو موضح في الشكل (٦-١٣) ، يتكون الحاسب أساساً من خمسة أجزاء ملموسة رئيسية

١/٥/٦ نظم الحاسبات وشبكات الحاسب



شكل (٦-١٣) : الوحدات الأساسية المكونة للحاسب الإلكتروني .

هي وحدة المعالجة المركزية - Central Processing Unit (CPU) التي بها تتم العمليات المنطقية والحسابية ، وحدة الذاكرة ، مسار متعدد الخطوط - Bus لنقل المعلومات ، وحدة الدخول والخرج كلوحة المفاتيح مثلاً ، وشاشة العرض . كى يعمل جهاز الحاسب يلزم تحميله بخلفيات نظام تشغيل - Operating System (OS) ، وتواجد وحدة معجلات تسمى BIOS تعمل كوسيط بين نظام التشغيل وملحومات الجهاز . في بداية عهد الحاسبات ، كان المنتشر هو حاسب الهيكل الرئيسى - Main Frame (MF) الذى تواجد فى الجامعات والمؤسسات الكبرى . ثم ظهر الحاسب الصغير - Mini Computer الذى تواجد أيضاً فى الجامعات والمؤسسات . مع التقدم فى الدوائر المتكاملة وظهور المعالج الدقيق - Microprocessor فى بداية السبعينيات ، تطورت الحاسبات إلى ظهور محطات التشغيل - Work Stations (WS) والحاسبات الشخصية - Personal Computers (PC) التى أصبحت فى متناول الأفراد مع

انتشارها بالجامعات والمؤسسات حيث غطت تقريباً على حاسبات الهيكل الرئيسي والحاسبات الصغيرة .

مع انتشار الحاسبات بأنواعها ، بدأ التفكير فى ربطها بشبكات ، أولاً محلية - Local Area Networks (LANs) ، ثم عالمية مثل الإنترنت . فى شبكات الحاسب تستعمل حاسبات الهيكل الرئيسى والحاسبات الصغيرة كمساعدين - Servers ، بينما تستعمل محطات التشغيل والحاسبات الشخصية أحياناً كمساعدين وأحياناً كأطراف استخدام . هناك اتجاه حالياً لإنتاج أطراف استخدام منخفضة السعر بإمكانيات ذاتية أقل وتعتمد فى أدائها على قدرات الشبكة . يحتاج الحاسب فى مواجهته مع الشبكة إلى وحدة تعديل وكشف - Modem قادرة على التعامل مع الإشارات بسرعات عالية تصل إلى عشرات ميجاماك/ث .

رغم هذا النجاح والازدهار والانتشار فى الحاسبات والشبكات ، فإنها مازالت سريعة التطور ، والتنافس العالمى فيها على أشده .

فى النظم الحديثة ، يكاد يتلاشى الفرق بين شبكات الحاسبات وشبكات الاتصالات ، فكلاهما متجه حالياً فيما يعرف بنظام تعدد الأوساط - Multimedia على شبكة الإنترنت . فى هذا النظام ، بالإضافة إلى نقل البيانات ، فإن الشبكة تنقل أيضاً الإشارات المسموعة والمرئية مما يسمح بعدد من الخدمات المضافة مثل الرؤية تحت الطلب - Video on Demand والمؤتمرات المرئية - Video Conferencing وغير ذلك . الإشارات المسموعة والمرئية تنبع وتعالج بأجهزتها الخاصة مثل أجهزة الإرسال وأجهزة الاستقبال وأجهزة الاستدعاء - Pagers وأجهزة الفاكس وأجهزة تحديد المواقع. تنتقل هذه الإشارات على مساراتها الخاصة من أسلاك نحاسية مجدولة أو كابلات محورية أو كابلات ألياف ضوئية قبل تحميلها على الشبكة من خلال وحدات التعديل والكشف - Modems . كما أن استعمال الأقمار الصناعية فى خدمات الاتصالات المحمولة فى سبيلها لتسهيل الاتصال بين أى نقطتين على الكرة الأرضية .

مع الاتجاه إلى ضم إمكانيات جهاز الحاسب الإلكتروني مع إمكانيات جهاز الاستقبال التلفزيونى فى جهاز واحد، ستوحد وحدة التحكم عن بعد فى جهاز التلفزيون مع فأرة الحاسب - Mouse فى وحدة واحدة تجمع كل الإمكانيات والقدرة على التعامل . فمثلاً ، أثناء مشاهدة برنامج تلفزيونى وظهور إعلانات تجارية ، يمكن إتمام عملية الشراء بالتعامل مباشرة مع شاشة التلفزيون باستعمال الفأرة الموحدة . كذلك ، أثناء مشاهدة برنامج تلفزيونى ، بوضع سهم الفأر على رمز التلفزيون على الشاشة ، يمكن إتمام مكالمات تليفونية صادرة أو واردة من خلال جهاز التلفزيون نفسه ثم العودة إلى البرنامج نفسه بعد إتمام المكالمة ، وهكذا .

٢١/٥/٦ نظم الاتصالات الكهربائية
الرقمية :

٣/٥/٦ نظم الإلكترونيات الاستهلاكية الرقمية

المقصود بنظم الإلكترونيات الاستهلاكية الرقمية تلك النظم الإلكترونية الرقمية التي تستعملها عائلة متوسطة بالمنزل ، أو مهني بالمكتب ، أو فرد بذاته . قد تكون هذه النظم وحدات مساعدة كوحدة التحكم فى الغسالات الأتوماتيكية والأفران ووحدات الاستشعار وتسجيل البيانات فى آلات التصوير الحديثة ، أو نظم متكاملة كجهاز التلفزيون وأجهزة تسجيل الفيديو ونظم التخاطب وغير ذلك .

فيما يختص بالنظم المساعدة ، فربة المنزل تستعمل نظاماً من هذه النظم حينما تختار برنامج غسيل من بين عدة برامج متاحة . كذلك فى آلات التصوير الحديثة تستعمل مثل هذه النظم لتحديد فتحة العدسة وتركيز الصورة وضبط زمن العرض آلياً ، وكذلك تسجيل بيانات إضافية خاصة بكل صورة كمنااسبة وتاريخ أخذها وحجم وعدد النسخ المطلوبة منها وغير ذلك . تستعمل هذه النظم المساعدة دوائر إلكترونية متكاملة تصل أحياناً إلى مستوى المعالج الدقيق - Microprocessor أو المحكم الدقيق - Micerocontroller .

فيما يختص بالنظم المتكاملة ، فمن أهمها جهاز الاستقبال التلفزيونى الذى يتسابق حالياً مع جهاز الحاسب الإلكترونى للفرز بلقب الجهاز الأول فى المنزل أو المكتب الحديث . التطور المهم فى مجال التلفزيون حالياً هو الاتجاه إلى الإرسال والاستقبال التلفزيونى الرقمية العالى الجودة - High Difinition TV (HDTV) .

كذلك ، فإن شاشة العرض التلفزيونى المسطحة يبعد قطرى أكثر من ٤٠ بوصة وسمك ١٠ سم ، والتي تعتمد على تكنولوجيا البلازما الغازية فى طريقها إلى الظهور . ولا أستبعد أن تتطور شاشة العرض مستقبلاً إلى شاشة رقيقة ملفوفة يمكن فردها عند الاستعمال . فى الوقت نفسه هناك تقدم فى الوحدات التى تخدم كلاً من جهاز التلفزيون وجهاز الحاسب الإلكترونى . فالقرص الصلب - Compact Disc (CD) تطور إلى قرص صلب يمكن الكتابة عليه - CD-RW . كما ظهرت وحدة تسمى قرص الفيديو الرقمية - Digital Video Disc (DVD) يمكن تخزين فيلم سينمائى كامل عليها . وسبق ذلك ظهور آلات تصوير الفيديو الرقمية منذ عام ١٩٩٥ .

معظم نظم الإلكترونيات الصناعية الرقمية تدور حول التحكم فى إدارة وتغيير سرعات موتورات كهربية من أصناف مختلفة بأحجام وطاقات مختلفة . ينقسم أى من هذه النظم إلى شقين . الشق الأول هو الشق التابع الذى يتحكم مباشرة فى توصيل الطاقة الكهربية إلى الوحدة تحت التحكم . يتكون هذا الشق أساساً من نبائط لها خاصية القطع والوصل عند جهود وتيارات تصل أحياناً إلى آلاف الفولتات وآلاف

٤/٥/٦ نظم الإلكترونيات الصناعية الرقمية

الأمبيرات . تقع هذه النبائط في مجال إلكترونيات القوى - Power Electronics ، ومن أمثلتها الثايرستور العادي ، والثايرستور الذى يمكن قطع التيار المار به عن طريق بوابة - Gate Turn Off (GTO) ، والترانزستور ثنائى الاستقطاب ذو البوابة المعزولة - IGBT . الشق الثانى للنظام هو الشق المتبوع الذى يحدد أى النبائط تكون فى حالة قطع وأيها فى حالة توصيل ، وزمن فترة هذا القطع أو التوصيل حسب تصميم النظام كى يفى بالغرض المطلوب . يتكون هذا الشق أساساً من دوائر متكاملة متباينة ، بما فى ذلك المعالج الدقيق والمحكم الدقيق .

فى مجال إلكترونيات الطاقة ، يعتبر الترانزستور الثنائى الاستقطاب ذو البوابة المعزولة حالياً الاختيار الأمثل حتى أحمال تصل إلى ١٥٠٠ أمبير و ٣٥٠٠ فولت . وفى هذا المدى ، حل هذا الترانزستور محل الثايرستور GTO بسبب انخفاض طاقة الفقد وسرعة الأداء التى تتعدى ١٠٠ كيلوهرتز . فى محاولة كى يحتفظ الثايرستور GTO بمكانته ، فقد تم تطويره على رقيقة بقطر ١٥ سم بحيث يعمل عند أحمال تصل إلى ٦٠٠٠ أمبير و ٦٠٠٠ فولت .

فى شق الإللكترونيات الدقيقة ، فهو الشق المفكر فى النظام الذى يحدد نوعيته من حيث إذا كان من نوع التحكم المنطقى المبرمج - Programmable Logic Control (PLC) أو التحكم العددي بالحاسب - Computer Numerical Control (CNC) أو غير ذلك . بما أن التطبيقات محددة لأغراض صناعية معينة ، فإن الحاسبات المستعملة ، وتسمى الحاسبات الصناعية ، أقوى فى الأداء وأصغر فى الحجم ، وقد تتكون أحياناً من كارت واحد . هذه الحاسبات تستعمل قمة التكنولوجيا المتاحة سواء من ناحية اختيار المعالج الدقيق أو المحكم الدقيق ، مع استعمال أكثر من معالج دقيق على التوازي أحياناً لزيادة السرعة . ويمكن أن يتصل هذا الشق بشبكات محلية أو شبكات أوسع بما فيها الإنترنت .

بسبب تشعب وتعقيد نظم الإللكترونيات الصناعية الرقمية الحديثة ، هناك اتجاه للاتفاق على تصميم هذه النظم على أسس مفتوحة ، بحيث يمكن تبادل الوحدات بين النظم المختلفة بدلاً من غلق كل نظام على نفسه واحتكاره لاستراتيجية ذاتية فى الإحلال والتطوير والتجديد . كما أن الروبوت - Robot الذى كان قد بدأ يتوارى عام ١٩٩٣ ، بدأ ثانية فى الانتعاش والنمو .

تكنولوجيا الفضاء ، رغم أنها أكثر التكنولوجيات تقدماً وعمقاً وتعقيداً ، فإنها أيضاً تكنولوجيا لها شعبيتها من حيث إنها دائماً فى الأخبار وتتداولها جميع وسائل الإعلام أولاً بأول ، ويتابعها الأفراد على جميع مستوياتهم فى جميع أنحاء العالم .

٥/٥/٦ نظم إلكترونيات الفضاء
والتطبيقات الحربية

تكنولوجيا الفضاء تشمل عديداً من التكنولوجيات نخص بالذكر منها ثلاثة تكنولوجيات رئيسية . الأولى هي تكنولوجيا القوى الميكانيكية التي عن طريقها يمكن إعطاء الصاروخ الطاقة اللازمة لدفعه خارج مجال الأرض إلى الفضاء الخارجي . الثانية هي تكنولوجيا المواد التي عن طريقها يمكن الحصول على المواد التي تتحمل الحرارة والإجهادات الهائلة ، التي تتعرض لها أسطح هذه الصواريخ وغرف الاحتراق وغيرها . الثالثة هي تكنولوجيا الإلكترونيات التي بها يمكن التحكم في مسار الصاروخ، ومنها تتكون نظم القياس والتحكم والإرسال والاستقبال المتواجدة في الحمل الفعال الذي يدور في الفضاء بعد استهلاك صاروخ الدفع ، وكذلك قنوات الاتصال بينه وبين المحطات الأرضية المختصة بالمتابعة والإشراف .

ليست تكنولوجيا الفضاء رفاهية وإهدار كما قد يتصور البعض . فهي تمثل مدارس ومعامل أبحاث وورش عمل تلقي بدلها في عديد من المجالات التي تخدم البشرية بطرق مباشرة وغير مباشرة . فبالإضافة إلى اكتشافات الفضاء نفسها المثيرة والمفيدة قطعاً لجيلنا والأجيال القادمة ، فإن تكنولوجيا الفضاء لها الفضل في تطور الطيران المدني والحربي إلى الصورة التي نراها اليوم بما في ذلك طائرات الركاب الحديثة التي تصل سرعات بعضها إلى ضعف سرعة الصوت والطائرات الحربية المتقدمة ذوات القدرات الخارقة . كذلك ، تطوير نظم الليزر المضادة للصواريخ ، وعواكس البلازما لهوائيات الرادار التي تعطي أجهزة الرادار إمكانيات تكتيكية هائلة في الحروب . ولولا تكنولوجيا الفضاء ، ما ظهرت معظم المواد الحديثة التي تستخدم في مختلف الصناعات من سبائك معدنية ومواد بلاستيكية ومواد لاصقة وخلافه ، وما ظهرت الأقمار الصناعية وما تطورت نظم الاتصالات الرقمية لما نراه اليوم من أجهزة وشبكات بما في ذلك شبكة الإنترنت .

واضح أنه لولا تكنولوجيا الإلكترونيات الدقيقة عامة ، والدوائر المتكاملة الشديدة الإنساع - VLSI بصفة خاصة ، ما أمكن التوصل أو حتي التفكير في كل هذا .

بفضل نظم الإلكترونيات الطبية الرقمية ، أصبح الطبيب قادراً على القيام بجولة داخل جسم الإنسان دون أن يترك كرسي مكتبه . بالإشارة إلى دليل وضغطة على زر الفأرة - Mouse ، يظهر أمامه على شاشة الحاسب الإلكتروني المنطقة التي يرغب في رؤيتها ، دليل آخر وضغطة أخرى يستطيع التركيز على نقطة محددة داخل هذه المنطقة لاكتشاف دقائق وتفصيل معالمها . يستطيع الطبيب أن يفعل كل هذا وأكثر ويكتفي بالمشاهدة أو ، إذا أراد ، بالإشارة إلى دليل ثالث وضغطة على زر الفأرة يحصل على أى عدد من النسخ المطبوعة لأى منظر يرغبه . هذا مجرد عينة من التسهيلات التي قدمتها

٦/٥/٦ نظم الإلكترونيات الطبية
الرقمية

الإلكترونيات لعالم الطب . كذلك ، فإن معظم الأطباء حالياً على اتصال بشبكة الإنترنت ، ويمارسون الخدمات المذهلة التي تقدمها لهم فى مجالات تخصصاتهم . هذا بالإضافة إلى فيض من الأجهزة المتنوعة التي تساعدهم فى أداء مهامهم من كشف وتحليل وتشخيص وعلاج .

كما هو الحال دائماً ، فالإلكترونيات لا تهدأ ، ولا تتوقف يوماً عن تقديم ما هو جديد . إذا التفتنا إلى الجديد الذى تقدمه الإلكترونيات لعالم الطب ، سنرى الكثير ، سأكتفى هنا بالتركيز على مثالين اثنين فقط . الأول يتعلق بجراحة المخ . فالمعروف الآن أن أهم وسيلة لتعرف أماكن الخلل بالمخ ، سواء ورم أو انسداد ، هى التصوير بالرنين المغناطيسى - Magnetic Resonance Imaging (MRI) . هذه الوسيلة تحدد فقط مكان الخلل ، وترتك العلاج لنظم الجراحة التقليدية . تم حالياً ، وعلى مدى أكثر من عشرة أعوام من البحث والتجارب ، تطوير نظام مغناطيسى آلى لتسهيل جراحات المخ ، من المتوقع تجريبه إكلينيكياً هذا العام ١٩٩٩ . يتكون هذا النظام من مجال مغناطيسى قوى ، شدته ٣ تسلا ، يتم توليده باستعمال ملفات كهربية من أسلاك فائقة التوصيل - Superconducting لتقليل طاقة الفقد . يوضع رأس المريض داخل هذا المجال المغناطيسى القوى الذى يتحكم فى تحريك قسطرة - Catheter تحت غشاء الأم الجافية - Dura mater بمعدل نصف ملليمتر فى الثانية. تتكون القسطرة من سلك داخل جراب وفى مقدمته مغناطيس أسطوانى صغير قطره ٣,٢ سم وطوله ٦ سم . فى الوقت نفسه يمكن تحديد مكان رأس القسطرة بدقة متناهية ، ورؤيتها مع صورة المخ على شاشة الحاسب الإلكترونى عند تقاطع ثلاث شعرات عمودية تمثل الأبعاد الثلاثة . عند وصول رأس القسطرة عند المكان المطلوب ، يتم سحب السلك والمغناطيس ويبقى الجراب المبستر الذى من خلاله يمكن إتمام العلاج الذى يمكن أن يكون استئصال ورم ، أو فتح انسداد ، أو حقن جرعة إشعاعية ، أو غير ذلك . المثال الثانى يتعلق بمشروع دولى كبير بدأ عام ١٩٩١ م ، ومتوقع له أن ينتهى عام ٢٠٠٦ م . هذا المشروع ممول أساساً من مؤسسات بالولايات المتحدة الأمريكية وإنجلترا بمبلغ إجمالى ٣ بلايين دولار أمريكى ، ويسمى - Human Genome Project . الهدف من هذا المشروع هو حل ألغاز وتصنيف الثنائيات النووية فى الكروموزومات البشرية . فالمعروف أن عدد الجينات المورثة فى الإنسان يبلغ مائة ألف . تتجمع هذه فى ثنائيات بعدد يزيد عن ثلاثة بلايين . هذه الثنائيات مجمعة من الأربعة مكونات المعروفة للأحماض الأمينية الحلزونية التشكيل - Dioxyribo Nuclie Acid (DNA) . لحل ألغاز وتصنيف هذه الثنائيات الفلكية العدد ، يتم وضعها على شرائح زجاجية كما توضع الترانزستورات على شرائح السيليكون فى النظم الإلكترونية ، ويطبق عليها برامج