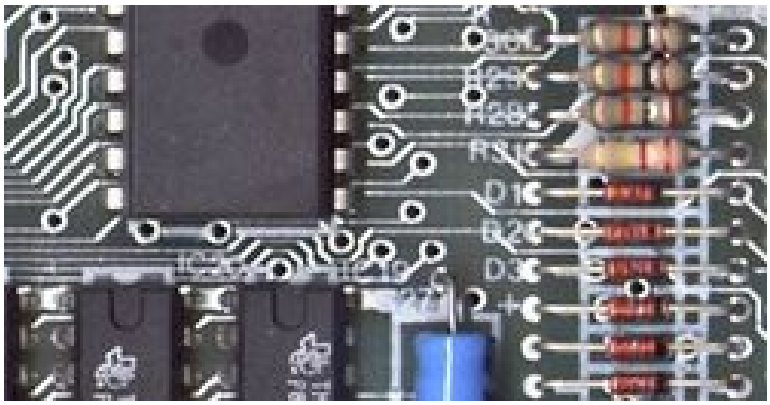
لوحة الدارات المطبوعة



A computer board; showing a populated PCB (the through-hole paths to the other surface), with its conductive traces and mounted electrical components.

إعداد

المهندس أزاد محمد رشيد محمد علي

الفهرست

- ١ المقدمة
- ٢ التاريخ
- ٣ التصنيع
- ٤ التطبيقات المختلفة
- ٥ الآفاق المستقبلية
- ٦ المصدر

المقدمة

يُطلق اسم **الدارة المطبوعةالتقليدية (Conventional PCB (Printed Circuit Board** على بطاقة الدارات العازلة الرقيقة، المصنعة غالباً من ألياف الزجاجFiberglass، وتكون سماكتها عادة ١.٦مم، وتوضع على أحد وجهيها المركبات الإلكترونية المتكاملة والمنفصلة ذات التماسات Pins المثبتة والملحومة عبر ثقوب نافذة إلى الوجه الآخر. وتكون الثقوب مكسوة بطبقة رقيقة من النحاس المطلي بالقصدير، مما يسمح بالتوصيل الكهربائي بين الوجهين، محققين بذلك **الدارة الإلكترونية الفيزيائية**.

ويمكننا التمييز بين الأنواع المختلفة من هذه الدارات ، ومنأهمها:

ـ بطاقات **الدارات المتعددة الطبقات Multi-layeredPCB**:

تتكون هذهمن أكثر من طبقة تحتوي كل منها على موصلات نحاسية مربوطة بعضها مع بعض بثقوب بينية Vias، وتستعمل الطبقات الإضافية للتوصيلات اللازمة بين المركبات الإلكترونية الأكثر تعقيداً، ولتوزيع خطوط التغذية بشكل أفضل.

ـ بطاقات **الدارات المرنة FlexiblePCB**:

يعتمد هذا النوع من البطاقات على تقنية خاصة تُستعمل بشكل واسع في تطبيقات مثل: الطبقات الرقيقة للوحات المفاتيح، وتحتوي هذه الطبقات على مركبات إلكترونية وموصلات كهر بائية، وبطاقات الدارات ذات الأشكال الحرجة كتلك التي تستعمل في الكاميرات.

التاريخ

بدأت مراحل صناعة بطاقات الدارات مع إرسال **مورسMorse** أوائل رسائله التلغرافية عبر أحد أنفاق مدينة نيويورك في عام ١٨٤٤م. ومع اختراع التلغراف والهاتف والراديو بعد ذلك، ودخولها ميدان الحياة اليومية برزت الحاجة إلى توصيل هذه التجهيزات، فظهرت تقانة الدارات المطبوعة بشكلها البدائي. قدم **ألبرت هانسونAlbertHanson** الألماني المقيم في لندن

براءة اختراع لأسلاك مطبوعة في عام ١٩٠٣، مع أنها ليست بطاقة دارات حقيقية، إلا أن طريقته سمحت بإنتاج أشكال معدنية ناقلة بطريقة القطع أو الطباعة ثم إلصاقها على ورق عازل. وهكذا قام هانسون بتصميم داراته باستعمال نواقل على كلا وجهي العازل مضيفاً ثقوباً تسمح له بتوصيل نواقله العلوية والسفلية بشكل انتقائي. تصف براءة الاختراع هذه فكرة بطاقة الدارات ذات الوجهين وذات الثقوب النافذة. وقدم العالم **أديسون** في عام ١٩٠٤ رسالة في هذا المجال تتضمن عدة أفكار: بُنيت على فكرته الأولى أسس تقانة الأغشية السميكة Thick-film Technology، وبُنيت تقنية الطلي Plating على فكرته الثانية. قدم **آرثر بيري Arthur Berry** براءة اختراع تصف طريقة لصناعة دارات لمسخنات كهربائية، تتضمن حفراً للمعدن وذلك في عام ١٩١٣. كما وصف **باسيست Bassist** تحضير الصفائح الناقلة بالترسيب الكهربائي للنحاس على صفيحة عازلة. وسوّق المخترع **ماكس سكوب Max Schoop** عمليات الترذيذ المعدني في عام ١٩١٨. وفي عام ١٩٢٣ استعمل المخترع **سيمور Seymour** طرائق الطباعة والطلي. وأضاف **فرانز Franz** إلى الجهود السابقة مبدأ الدارة المرنة ثلاثية الأبعاد. وفي عام ١٩٨٣ طور **دوج هاني Doug Haney** وزملاؤه مواد قابلة للبلمرة باستعمال الأشعة فوق البنفسجية وهي تقنية طبع تسمح بنقل الأشكال إلى بطاقات الدارات. وبرزت تقنيات التوصيل عالية الكثافة High Density Interconnect في منتصف التسعينيات، وتحققت خطوط التوصيل الدقيقة Fine Lines وثقوب التوصيل البينية الميكروية Microvias. وهكذا تضافرت الجهود، وتقدمت المعارف والخبرات حتى وصلت تقانات تصنيع بطاقات الدارات إلى ما وصلت إليه.

التصنيع

للحصول على بطاقات دارات هناك مرحلتان: مرحلة التصميم، ومرحلة التصنيع. في المرحلة الأولى يحتاج المصممون إلى حواسيب شخصية PC، محملة ببرمجيات التصميم بمساندة الحاسب مثل **أوركاد** ORCAD. تبدأ عمليات تصميم مخطط التوضع Layout لبطاقة الدارات من مخطط الدارة Circuit Diagram التي تُدخل إلى الحاسب باستعمال محرر المخططات الكهربائية Schematics Capture. تعطي هذه البرمجيات في النهاية ملفات توصيف النّص - للبطاقة - الضرورية لعملية التصنيع، وتعطي كذلك المخططات الكهربائية اللازمة للتوثيق. توجد عدة قضايا في التصميم الوضعي للدارة تتعلق بما يعرف بجودة الإشارة أو تكاملها Signal Integrity، فقد توجد مثلاً شروط قاسية على متطلبات التأخير لبعض الإشارات، وقد ينبغي تحقيق خواص ممانعة محددة لإشارات أخرى بما فيها الشروط الخاصة بقيم المكثفات والملفات الطفيلية، وقد يكون من الضروري تقليل أثر الإشعاع الكهرمغنطيسي والتداخل والضجيج لإشارات ثانية أو لأجزاء من الدارة الكلية. توجد عموماً مجموعة عوامل تؤثر في عملية التصميم منها: نوع الدارة هل هي رقمية أم تمثيلية أم مختلطة؟ ما هو تردد العمل الأعظمي؟ هل هنالك متطلبات للتحكم بالممانعة؟ هل هنالك ضرورة للتحكم بالتأخير وأطوال الموصلات؟ ماذا عن العناصر الطفيلية وأثرها في الدارة؟ هل هناك خطوط توصيل يجب حجبها؟ كل هذه الأمور يجب أن يأخذها المصمم في الحسبان. بعد ذلك يجري التحقق من صحة تصميم الأفلام اللازمة لعملية التصنيع.

في المرحلة الثانية، يجري إعداد الأقنعة Masks الخاصة بالثقوب وعمليات حفر النحاس، والطلاء بالقصدير، وتسمية المكونات. ثم تجري بداية تثقيب بطاقات الدارات التي تحتوي على طبقة رقيقة من النحاس على كلا الوجهين، وفقاً للقناع الخاص بالثقوب. وتُطلى جميع الثقوب بطبقة من النحاس بطريقة **الترسيب الكيميائي الكهربائي** ، مما يوفر توصيلاً كهربائياً بين وجهي البطاقة. وبعد ذلك تُغطى البطاقة بطبقة من الطلاء العضوي الحساس **للأشعة فوق البنفسجية**، وتُنسخ صورة التوصيلات على كلا وجهي البطاقة باستعمال القناع الخاص بالتوصيلات والأشعة فوق البنفسجية. ثم يجري كشف وإظهار الطلاء العضوي عن المناطق التي سيُزال النحاس عنها بالحفر الكيميائي (الأماكن التي حُجبت عنها الأشعة فوق البنفسجية بوساطة القناع)، وتوضع البطاقة في حوض يحوي الحموض المناسبة التي تؤدي إلى حفر النحاس المكشوف، ويبقى النحاس الذي يشكل التوصيلات المناسبة على البطاقة. يجري تنظيف النحاس المتبقي (خطوط التوصيل المعدنية) الذي يمثل التوصيلات وتماسات نهايات الدارات. يأتي بعد ذلك دور **قناع اللحام Solder Mask** ذي اللون الأخضر، الذي يُنفذ بطريقة الحفر الضوئي أيضاً، إذ تُغطى كافة مناطق الدارة بمادة عازلة خضراء اللون ماعدا أماكن اللحام، تُعرّض إلى الحرارة لتجفيفها

وتثبيتها على البطاقة، ثم تطلى الأماكن النحاسية المخصصة للتماسات واللحام - والتي بقيت مكشوفة - بخليطة من الرصاصوالقصدير، ثم تعرض إلى الحرارة لتسويتها. وأخيراً يُستعمل **قناع الأسماء والرموز Silkscreen Mask** لإعطاء كل مكون من مكونات البطاقة اسماً أو رمزاً أو قيمة.

التطبيقات المختلفة

A PCB as a design on a computer (left) and realized as a board assembly populated with components (right). The board is double sided, with through-hole plating, green solder resist, andwhite silkscreen printing. Both surface mount and through-hole components have been used.

A PCB in a computer mouse. The Component Side (left) and the printed side (right).

تُعد بطاقات الدارات، الحامل الصلب للمكونات، متكاملة كانت أم عناصر منفصلة، وفعالة كانت أو غير فعالة. يتكون الجهاز الإلكتروني عادة من بطاقة دارات واحدة أو مجموعة من بطاقات الدارات، والتي توضع في صندوق معدني أو بلاستيكي مناسب. يوجد ثلاثة مستويات من التوصيلات: المستوى الأول في الدارة المتكاملة، والمستوى الثاني في بطاقة الدارات، والمستوى الثالث بين بطاقات الدارات والعناصر الأخرى على واجهات الجهاز. يمكن التمييز بين مجموعة من بطاقات الدارات غير التي عُرفت سابقاً منها:

- بطاقات الدارات بتقنية التجميع السطحي**Surface Mount Technology**:

تحتوي على مركبات إلكترونية سطحية - أصغر من تلك التقليدية - تُلحم على سطح البطاقة، ولا بد من وجود ثقوب التوصيل النافذة لتحقيق التوصيل الكهربائي بين خطوط التوصيل الموجودة على الوجهين، وليس لها أية علاقة في تثبيت ولحام المكونات السطحية.

ـ بطاقات الدارات المختلطة **Surface Mount and Conventional Mix**:

تكون معظم بطاقات الدارات من الناحية العملية بطاقات دارات مختلطة. تحتوي هذه البطاقات على مركبات إلكترونية سطحية وتقليدية بآن معاً، وكلاهما يحتاج إلى طريقة مختلفة للتوضيع والتثبيت واللحام.

ـ بطاقات الدارات بوجهين **Double Sided Laminate**:

تحتوي بطاقة الدارات العارية على موصلات نحاسية في كلا وجهي البطاقة، إضافة إلى الثقوب النافذة التي تحقق التوصيل الكهربائي بين الوجهين.

ـ بطاقات الدارات المجمعة على الوجهين **Double Sided Component Assembly**:

تحتوي بطاقة الدارات هذه على مكونات إلكترونية على كلا وجهي البطاقة، وتكون عادة من نوع العناصر السطحية فقط، ويمكن أن يحتوي أحد الوجوه فقط على مكونات تقليدية نافذة.

ـ بطاقات الدارات المطلية بالذهب **Gold Plated**:

تتضمن هذه البطاقات بعض المناطق المطلية بالذهب والتي تستعمل كتماسات بين البطاقة والمأخذ (الجاك) مثلاً.

ـ الرقاقة على البطاقة **Chip On Board (COB):**

تثبت الرقاقة مباشرة على بطاقة الدارات، وتوصل مرابطها إلى تماسات البطاقة بوساطة أسلاك توصيل دقيقة، ثم تُغطى الرقاقة بطبقة سوداء عازلة من الإيبوكسيد. تُستعمل هذه التقنية في حالة التصنيع الكمي الكبير، وفي حالة التطبيقات الحساسة للكلفة مثل بطاقات الترحيب الموسيقية.

ـ بطاقات الدارات المطبوعة الفينولية **Phenolic PCB**:

ما يميزها من ألياف الزجاج هو سعرها المنخفض.

ـ بطاقات الدارات الفرعية **Daughterboard**:

هي بطاقة دارات كثيفة المركبات والتوصيلات ودقيقة الخطوط والثقوب البينية، تُركب على بطاقة دارات أخرى.

الآفاق المستقبلية

تبدو العمليات التقنية اللازمة لتصنيع بطاقات الدارات معقدة ومكلفة، ولا تمكن بسهولة من تحقيق المتطلبات الملحة لما يعرف بالتوصيلات عالية الكثافة**HighDensityInterconnect**. من المعلوم أن الأبعاد الأصغرية في الدارات المتكاملة، هي اليوم بدقة ١٣٠ نانومتر (لعام ٢٠٠٣)، ويجري السعي للوصول إلى أبعاد ١٠٠ نانومتر في السنوات القليلة القادمة (تُعرف التوصيلات على مستوى الدارة المتكاملة بالمستوى الأول من التوصيلات). ومن المعلوم أيضاً أن الأبعاد الأصغرية للتوصيلات على بطاقات الدارات هي الآن ٥٠ ميكروناً (تُعرف التوصيلات على مستوى بطاقات الدارات بالمستوى الثاني من

التوصيلات)، وهي أكبر بآلاف المرات من توصيلات المستوى الأول. وتتطور كذلك تقانات تعليب الدارات المتكاملة، فهي اليوم متنوعة، وعدد مرابطها بالمئات، والخطوة بين مربطين صغيرة جداً. نجد حالياً التعليب من نوع مصفوفاتشبكةالكرات**Ball Grid Arrays (BGAs)** ، والتعليب على مقاس الرقاقة **Chip Scale Packages (CSPs)**، والرقاقات المقلوبة **Flip Chips** . ينبغي أن تتطور تقانة بطاقات الدارات ليمكن التعامل مع كل أنواع التعليب، ومع الأعداد الكبيرة من المرابط أو التماسات، ومع خطوات المرابط الدقيقة. من أجل ذلك أصبح من الضروري اليوم تنفيذ خطوط توصيل دقيقة **Fine Lines** (عرض الخط والفراغ بين خطين من مرتبة ١٠٠ ميكرون)، وخطوط توصيل عالية الدقة **Very Fine** Lines (عرض الخط والفراغ بين خطين من مرتبة ٥٠ ميكروناً)، وثقوباً ميكروية بينية **Micro Vias** وإطارات دقيقة محيطة بها **Lands** (أقطارها من مرتبة أقل من ١٠٠ ميكرون).

تسعى شركات تصنيع بطاقات الدارات ومنها الآسيوية إلى التطوير والسيطرة على تنفيذ خطوط من مرتبة ٣٠ ميكروناً لاستعمالها في تطبيقات قادمة في مجال تطبيقات المعلومات. وتتحول تقانات تصنيع بطاقات الدارات من مجموعة من الأجهزة إلى جهاز واحد، ومن التصنيع بخطوات إلى التصنيع بخطوة واحدة، ومن التصنيع في فعاليات التصنيع إلى التصنيع عند المستهلك. وأضحى زمن تصنيع البطاقات يستغرق بضع ساعات بدلاً من بضعة أيام أو بضعة أسابيع. أما التطور الجذري في هذا المجال، فيكمن في السعي إلى تصنيع منتج إلكتروني مجمع بشكل كامل (علبة وبطاقات ومركبات إلكترونية ورقاقات)، وهو ما يُعرف بتقانة آلات الجيل الرابع **Fourth-Generation Machine**، المعتمدة على التقانة النانوية.

المصدر

١. "الدارات المطبوعة (بطاقات الدارات)". الموسوعة العربية. ٢٠٠٧.