

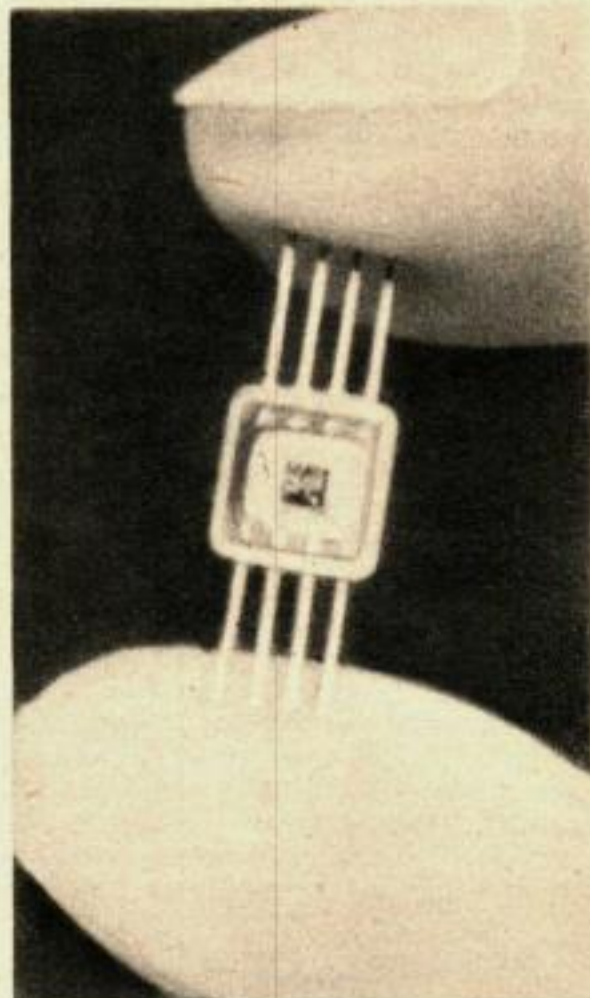
Le monde miniature des microcircuits

Vous n'avez pas encore besoin d'une loupe pour trouver votre radio à transistors. Mais si la vogue des circuits réduits continue à se développer, il vous en faudra sans doute vite une.

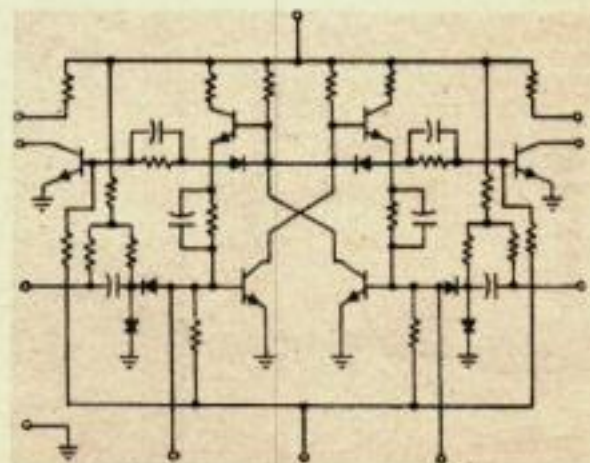
Par J. Berry



LE MINUSCULE POSTE DE RADIO qui capte les émissions amateurs a un écouteur caché dans l'une de ses extrémités. Il doit être élevé à la hauteur de l'oreille pour être entendu. L'autre petit paquet contient la batterie et le conjoncteur-disjoncteur pour faire marcher le poste.



CE RECEPTEUR PORTATIF DE TELEVISION, grand comme un poudrier ou un porte-billets, donne une idée de ce à quoi travaille la Radio Corporation of America. Ce poste miniature n'est pas encore produit en série aujourd'hui, mais sa commercialisation n'est plus très éloignée.

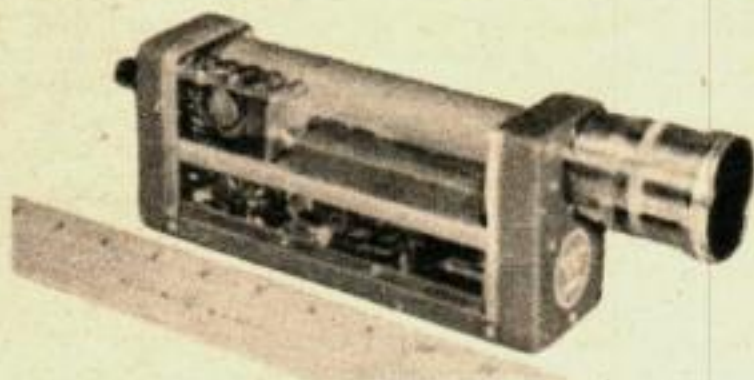


UN MICROCIRCUIT DANS TOUTE SA NUDITE révèle la dimension miniature de ses dispositifs. Le schéma montre combien d'éléments électroniques il remplace.

« **V**OUS le tenez à côté de votre oreille », me dit l'ingénieur de la Westinghouse, Glenn Skouskon, en me tendant un récepteur d'émissions amateur, de la dimension et de la forme de trois cubes de bouillon disposés sur un rang. Une antenne de la longueur d'un cure-dents sortait d'une des extrémités. Un cordon — comme un cordon ombilical — reliait une prise de courant le long de l'antenne à une batterie un peu plus grande que le récepteur lui-même. A l'autre extrémité du poste

de radio, il y avait un petit trou. Je le mis contre mon oreille.

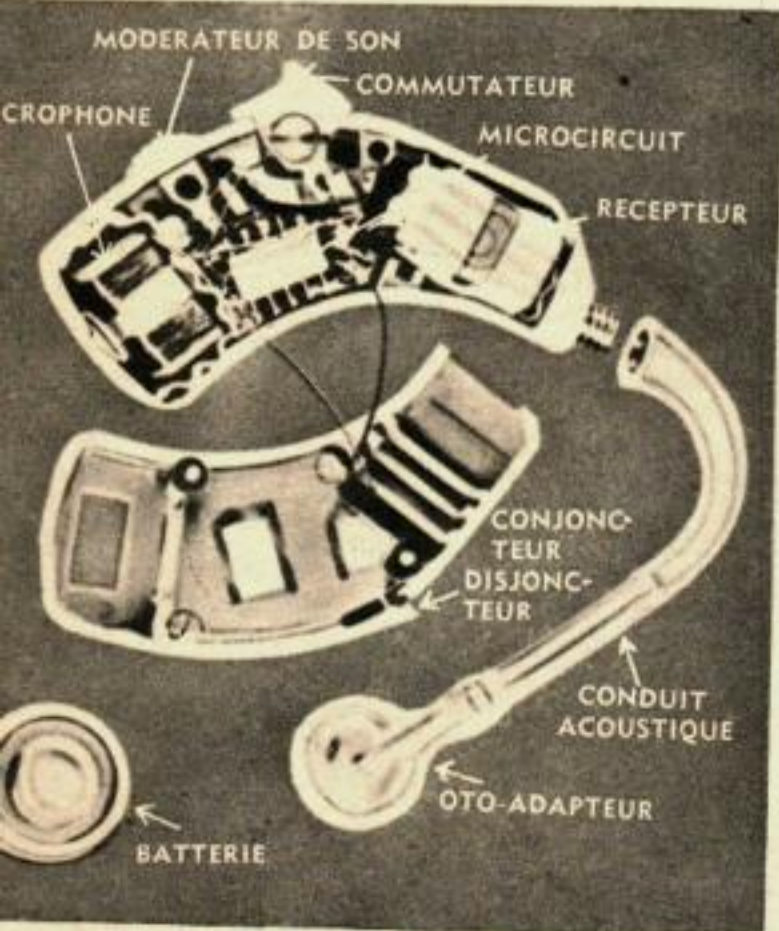
« Vous êtes au Centre pour la Défense et l'Espace de la Westinghouse, à Baltimore, et vous recevez une émission amateur diffusée sur 30 mégacycles. Nous entendez-vous ? » Les mots crépitaient hors du trou comme ceux que l'on entend dans les bureaux émis par un poste privé d'entreprise à quelques bureaux de distance. Après avoir écouté quelques phrases, je rendis le récepteur à Skouskon. Il le mit avec sa batterie de 6 volts



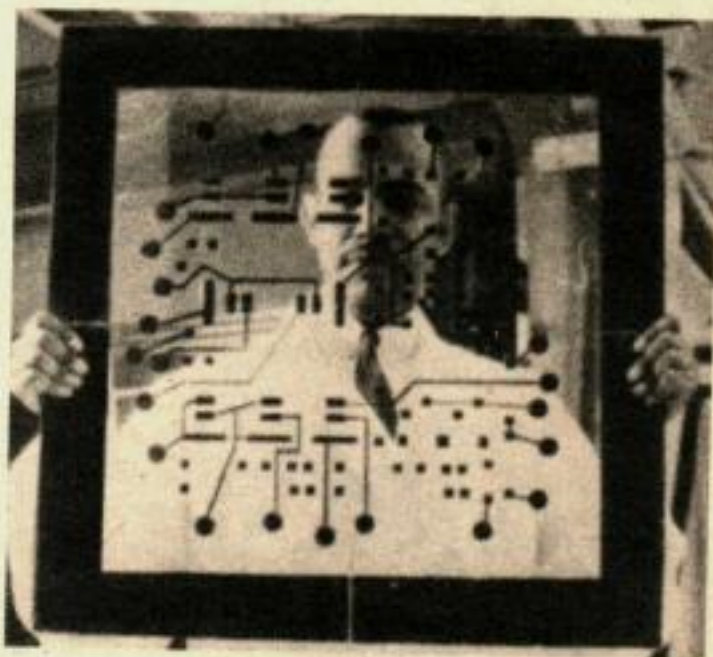
CAMERA DE TELEVISION « MOLECULARISEE », servant aux applications spatiales et militaires et qui remplacera peut-être quelque jour votre camera 8 mm. Elle est construite par la Westinghouse.



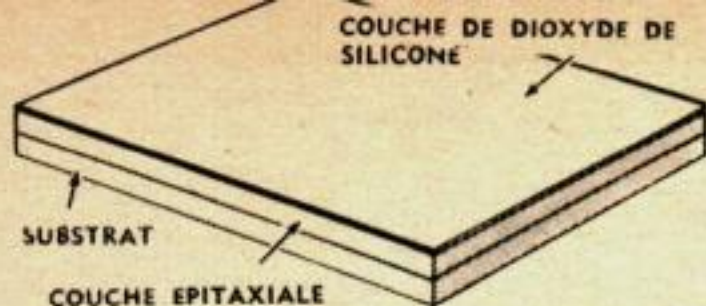
L'AMPLIFICATEUR MOLECULAIRE est une pièce importante des systèmes de radar et de communication de l'Aéronautique et de l'Espace. L'appareil se compose de plusieurs circuits intégrés indépendants.



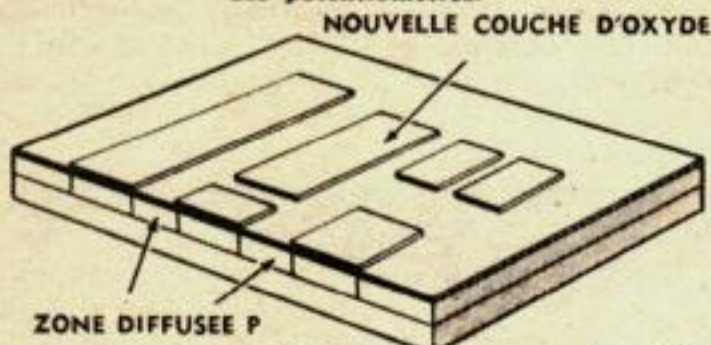
L'APPAREIL POUR LES SOURDS RENFERMANT UN MICROCIRCUIT est le premier article à circuits intégrés qui ait été mis dans le commerce. L'appareil Zenith se place derrière l'oreille et permet une amplification considérable des paroles.



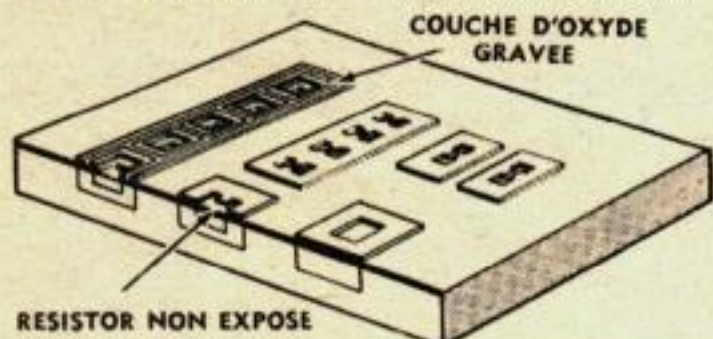
LA PLAQUE-CACHE est la pièce maîtresse qui entre dans la composition des circuits intégrés. Elle est réduite de 200 fois par procédé photographique avant de devenir un circuit de calculateur aérospatial.



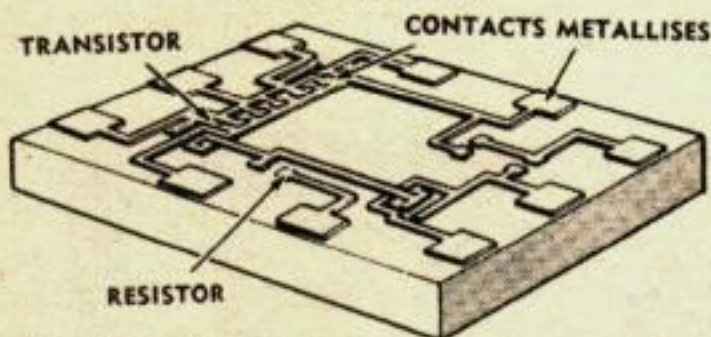
GAUFRETTE EPITAXIALE. La couche de silicone type N est développée sur un substrat type P. Ce qui produit une jonction P.N. là où les couches se rejoignent. La surface est ensuite enrobée de verre. La zone type N constitue des transistors, des diodes, des potentiomètres.



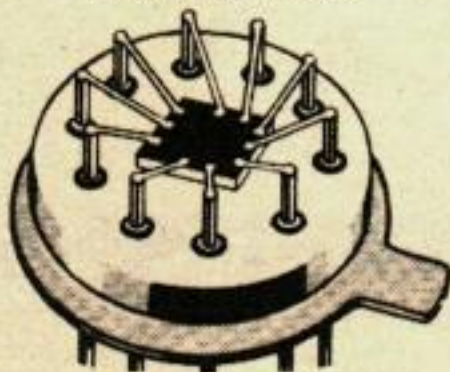
PREMIERE DIFFUSION. Après mise en place d'un cache isolant, l'impureté type P est diffusée dans les zones exposées. Ces zones isolées permettent plus tard le dépôt d'autres éléments tout en empêchant les connexions indésirables entre eux.



CACHE CROISE. Après un autre cache et une autre diffusion, une autre impression d'oxyde est gravée sélectivement. Cette façon de procéder assurera un isolement des résistors constitués au cours de la diffusion précédente.



METALLISATION. Après un autre cache et une autre diffusion encore, un enduit métallique est vaporisé sur toute la surface, puis soigneusement gravé pour laisser le dessin des interconnexions sur tous les éléments du circuit.



L'ASSEMBLAGE DES FILS est la dernière opération avant l'enveloppement du circuit intégré. De courtes connexions relient le circuit au conducteur de l'étui. Les techniques utilisées permettent aux circuits terminés de résister à l'accélération, aux chocs et aux vibrations sévères.

dans un étui en plastique pas plus long qu'un écran de boutons de manchettes.

Les dimensions de ce poste-radio lilliputien sont sans aucun doute spectaculaires. Mais ce qui est plus important encore, c'est que les « tripes » de ce récepteur sont le fruit d'une technique sensationnelle, celle des nouveaux circuits électroniques, qui, en remplaçant les circuits classiques par de fragiles flocons de silicone étincelant, tendent à faire des potentiomètres, des tubes, des résistors et des transistors des dispositifs aussi archaïques que les postes à galène.

Sous la dénomination de circuit intégré, chaque flocon de silicone — plus mince que cette feuille de papier et petit comme un trou dans un store de fenêtre — a été traité de telle sorte qu'il est un oscillateur, un amplificateur, un diffuseur et un détecteur : c'est-à-dire un circuit électronique complet fonctionnant régulièrement.

Un simple copeau de silicone cristallin peut accomplir la tâche dévolue autrefois à plus de cinquante éléments distincts et à des mètres de câble. Il ne consomme, cependant, qu'une partie du courant nécessaire à un seul transistor. Par exemple, un amplificateur auditif transistorisé, qui consommait 1 watt et demi, a été remplacé par un circuit intégré. La consommation de courant est tombée à 60 millièmes de watt !

Jusqu'à ces derniers temps, les circuits intégrés étaient trop coûteux pour servir à d'autres fins que des nécessités militaires, médicales ou spatiales, où il s'agit d'arriver à tout prix à un appareil miniaturisé, à un abaissement de la consommation de courant et à un fonctionnement simplifié. Mais des méthodes de fabrication plus étudiées ont permis un abaissement régulier des prix de revient. Des circuits qui se vendaient 2 000 francs il y a deux ans à peine peuvent être achetés pour 5 F aujourd'hui, ce qui les rend plus économiques pour le consommateur que les éléments classiques.

Cette chute radicale des prix est intervenue si récemment qu'il fut un temps où l'on écrivait que seul, un produit électronique d'utilisation courante donnerait le feu vert à la commercialisation des circuits intégrés — un appareil auditif se plaçant derrière l'oreille et construit par Zénith. Mais on sait à présent que plusieurs grands fabricants se sont donné pour objectif la fin de 1965 ou le début de 1966 comme date de lancement des articles de « spectacles à domicile » dans lesquels les copeaux cristallins remplaceront la plupart ou la totalité des éléments classiques. Tant que ces articles ne seront pas lancés dans le public, sans doute à grand renfort de publicité, aucune firme ne dira ce qu'elle a en chantier. Mais dans les mois et les années à venir, il y a de grandes chances que vous voyez apparaître des choses comme :

● *Une radio bouchon d'oreille.* Vous réglez les cadrans — probablement de minuscules boutons — sur votre station favorite, puis vous enfoncez le poste dans votre oreille. Une petite antenne se repliera peut-être autour. La plus volumineuse partie de ce gadget serait l'« otophone ». Tout le circuit tiendrait un peu moins de place qu'une tacherie de mouche.

● *Un minuscule électrophone portatif* qui serait idéal pour la plage et les pique-niques. Cet objet ne prendrait pas plus de place qu'il n'en faut pour le moteur, le plateau tournant et le bras du pick-up. L'amplificateur du circuit intégré serait probablement collé quelque part à l'intérieur du bras du pick-up, où pourraient être également logées les batteries.

● *Un amplificateur stéréo haute fidélité complet*, avec circuit contenu dans un étui de la dimension d'une montre-bracelet. Un modèle d'amplificateur de cette sorte en état de marche a déjà fait l'objet de démonstrations. Pratiquement, l'appareil devrait être assez gros pour porter les cadrans et les commutateurs — c'est-à-dire qu'il devrait avoir la dimension d'un livre de poche.

● *Un système de télévision à domicile à prix raisonnable permettant de surveiller les enfants à distance.* Placez la caméra de télévision dans la pièce réservée aux enfants ou à la porte de la façade. Un tour de bouton, et un petit appareil de télévision — aussi petit qu'un paquet de cartes — se trouvera centré sur l'enfant qui se bagarre ou sur ce que fait l'enfant.

Il n'y aura pas de difficulté si l'on veut modifier le système de télévision pour qu'il soit susceptible de prendre les stations locales de télévision. Etant donné que les circuits intégrés exigent très peu de courant, cette installation devrait faire un récepteur portatif de télévision vraiment économique qui fonctionnerait pendant des mois sur deux batteries peu onéreuses.

● *Une caméra de télévision fonctionnant à domicile*, dans un avenir plus éloigné. Vous filmerez votre famille — en couleur le cas échéant — comme vous le faites avec votre caméra actuelle de cinéma. Mais les vues seront enregistrées sur bande magnétique et non sur film. Un accessoire alimentera en signaux « film » votre poste de télévision, permettant à votre famille de se voir sur le petit écran.

Il n'y a pas de doute que ces choses sont du domaine du possible. Des quantités de dispositifs électroniques du même genre fonctionnent déjà dans les missiles, les calculatrices de repérage, les satellites et les équipements de communication. D'autres sont mis au point tous les mois. Westinghouse a récemment révélé, par exemple, qu'elle avait construit une caméra de télévi-

sion qui n'a que 18 cm de longueur et qui ne pèse que 840 grammes. Trente-six copeaux de silicone seulement remplacent des quantités d'éléments classiques. On s'attend à des perfectionnements qui réduiront encore les dimensions et le poids.

Et puis il existe une calculatrice dont les proportions atteignaient naguère celles d'un vaste réfrigérateur qui, grâce aux flocons de silicone, tient maintenant dans un étui à cigarettes et ne pèse que 310 grammes. Et une radio circuit intégré qui se présente sous la forme d'une pilule et qui peut diffuser des détails sur l'appareil digestif, permet aux médecins, après ingestion par le patient, de diagnostiquer les maladies gastro-intestinales.

La faible consommation de courant, les dimensions miniaturisées et la chute des prix de revient sont autant de raisons majeures qui promettent les circuits intégrés à un avenir brillant. Mais un autre avantage, le crédit stupéfiant que l'on peut faire à leur bon fonctionnement, éclipse toutes ces caractéristiques.

Qu'il remplace 5 ou 50 éléments, un circuit intégré offre la même sûreté de fonctionnement, réduisant considérablement les chances d'une défaillance individuelle d'un élément. Et puis, la plupart des connexions se trouvent à l'intérieur de la structure cristalline, ce qui supprime le cauchemar principal des circuits classiques — rupture ou mauvaise soudure des connexions. Ces facteurs, ajoutés aux méthodes de précision employées dans leur fabrication, rendent les circuits intégrés pratiquement indestructibles.

Au cours d'une expérience, Philco a soumis une série de ces circuits à une exploitation maxima portant sur douze millions et demi d'heures de fonctionnement, équivalant à près de 1 500 années de service. On n'a enregistré qu'une seule défaillance.

Certains des premiers circuits prototypes de la Westinghouse, construits à la fin des années 1950, ont été mis à l'épreuve dans une chambre expérimentale où variaient les conditions d'environnement. En dépit du refroidissement, de la chaleur et de la vibration périodiques, ils ont donné leur rendement maximum vingt-quatre heures sur vingt-quatre depuis cette époque ; et ils marchent encore fort. Dans une autre circonstance, tout un lot de circuits a été incendié par un obus de mortier. Tous ont fonctionné normalement après leur récupération.

Toutes ces nouvelles techniques préfigurent pour vous et pour moi des appareils électroniques plus petits, moins coûteux et d'une plus grande sûreté de fonctionnement. L'heure est toute proche où la radio de poche sera détrônée peut-être par la télévision de poche. Tout est possible avec les circuits intégrés dans ce monde en miniature des microcircuits.