

60 lat tranzystora

Przełomowe odkrycia po II wojnie światowej

Można spierać się o to, co było największym osiągnięciem technologicznym XX wieku, ale niewątpliwie wśród najważniejszych znajdzie się tranzystor. To tranzystory, których historia ma raptem 62 lata, dały napęd rewolucji komunikacyjnej i informatycznej ostatnich dziesięcioleci – dzisiaj prawie każde urządzenie, które przesyła, prezentuje i przerabia informację zbudowane jest w oparciu o krzemowe układy scalone, zawierające układy elektroniczne zbudowane na tranzystorach. Już z końcem XX wieku roczne obroty firm produkujących urządzenia półprzewodnikowe przekraczały 150 miliardów dolarów; dzienna produkcja tranzystorów wynosiła ponad 10 000 tranzystorów na każdego mieszkańca naszego Globu!¹

Półprzewodniki były w użyciu od czasów narodzin radia – prawdopodobnie kilku Czytelników pamięta jeszcze kryształki selenowe, w które szturchano ostrym drucikiem, by uzyskać najlepszy odbiór – jednak niewiele wiedziano o zasadach ich działania... Przez dłuższy czas elektronika, radia, telewizory czy urządzenia pomiarowe, była budowana z wykorzystaniem lamp próżniowych; w mojej karierze zawodowej był krótki pobyt na stacji prowadzącej pomiary promieniowania kosmicznego na górze Aragac w Kaukazie, gdzie jednym z głównych zajęć była... wymiana niesprawnych lamp elektronowych (było ich w sumie ok. 10 000, więc co godzinę-dwie, któraś się psuła), podobne problemy mieli i pierwsi konstruktorzy komputerów...

Jak podaje *Wikipedia*², już w r. 1925 austro-węgierski fizyk Julius E. Lilienfeld uzyskał patent obejmujący zasadę działania tranzystora polowego – urządzenia półprzewodnikowego, w którym napięcie przyłożone do powierzchni mogło wpływać na gęstość nośników ładunku, a przez to i jego oporność – jednakże nie opublikował żadnych rezultatów; podobnie było z patentem dotyczącym innego rodzaju tranzystora polowego, zgłoszonego przez niemieckiego fizyka, Oskara Hella, w r. 1934.

16 grudnia 1947 (niektóre źródła podają datę 17 listopada) John Bardeen i Walter Brattain, z AT&T Bell Laboratories w Murray Hill, NJ, USA, zaobserwowali, że w układzie trzech elektrod umieszczonych na kawałku kryształu germanu (Ryc. 1³), moc wyjściowa była większa od wejściowej – zasada tranzystora więc została zademonstrowana⁴.

Bardeen i Brattain wchodzili w skład zespołu kierowanego przez Morgana Sparks'a i Williama Shockley'a; ten ostatni wraz z Brattain'em przez dłuższy czas pracowali bez rezultatu nad tranzystorem polowym. Bardeen podejrzewał, że pole nie przenika do półprzewodnika ze względu na efekty powierzchniowe – zaproponował szereg nowych rozwiązań, które zaimplementował wspólnie z Brattain'em i które zakończyły się sukcesem – narodził się tranzystor ostrzowy. Shockley nie wierzył, że zaobserwowane wzmocnienie było wynikiem efektu „polowego” (powierzchniowego), a raczej iż zachodzi on w dużej objętości – w krótkim czasie opracował teorię złącza p-n oraz wstrzykiwania i zbierania nośników mniejszościowych, a w rezultacie teorię tranzystora złączowego – takie tranzystory były

łatwiejsze w produkcji. W rezultacie, 26 lutego 1948 został zarejestrowany patent „Three-electrode circuit element utilizing semi-conductive materials”, autorstwa J. Bardeen'a i współpracowników, a 26 czerwca 1948 kolejny patent „Circuit element utilizing semi-conductive material” autorstwa W. Shockleya. W r. 1956 Bardeen, Brattain i Shockley otrzymali nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za „ich badania nad półprzewodnikami i ich odkrycie efektu tranzystora”.

Przez szereg lat tranzystory były używane do produkcji układów elektronicznych, podobnie jak inne indywidualne elementy, oporniki, kondensatory, diody. Były dużo mniejsze od lamp elektronowych – pierwsze tranzystory były rozmiarów paznokcia – i zużywały dożo mniej mocy, przez co układy elektroniczne stawały się coraz mniejsze i szybsze. Ale, aby jeszcze bardziej zmniejszyć układy elektroniczne i uczynić je jeszcze szybszymi – czas potrzebny na transmisję sygnałów jest większy przy dłuższych połączeniach – pod koniec lat 1950. Jack Kilby z Texas Instruments (Ryc. 2a⁵) i Robert Noyce z Fairchild Camera, USA, zaproponowali i zademonstrowali wytwarzanie kilku tranzystorów na jednym kawałku półprzewodnika. Tak narodziła się koncepcja „układu scalonego” (Ryc. 2b⁶), a niebawem nauczono się wytwarzać wraz z tranzystorami i inne elementy, jak diody, oporniki, kondensatory. W lutym 1959 Jack Kilby z firmy Texas Instruments zgłosił patent opisujący, jak zrobić prosty obwód złożony z dwóch tranzystorów na jednym kawałku germanu; w r. 2000 otrzymał on nagrodę Nobla z fizyki, za „jego udział w wynalezieniu układu scalonego”.



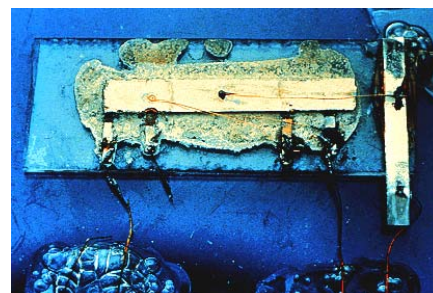
Od lewej:
Shockley, Bardeen, Brattain⁵



Ryc. 1



Ryc. 2a



Ryc. 2b

Od tamtych pionierskich czasów liczba tranzystorów na jednostkę powierzchni podwaja się co 1,5 roku – jest to popularne „prawo Moora”, jednego z pionierów układów scalonych i fundatorów Intel Corporation. Dzisiaj procesor Intel, wykorzystywany w nowoczesnych komputerach, zawiera około 2 miliardów tranzystorów! Dzięki układom scalonym i komputerom możemy produkować i utrzymywać w ruchu bardzo skomplikowane urządzenia pomiarowe, ulokowane w laboratoriach czy w przestrzeni kosmicznej, które dostarczają nowych informacji o otaczającym nas Świecie i Wszechświecie.

MICHAŁ TURAŁA

¹ Mark R. Pinto, William F. Brinkman, William W. Troutman, *The Transistor's Discovery and What's Ahead*, 1997,

<http://www.imec.be/essderc/papers-97/322.pdf>

² <http://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>

³ <http://www.rpi.edu/~schubert/Educational-resources/1947%20First%20point%20contact%20transistor-3.jpg>

⁴ <http://www.rpi.edu/~schubert/Educational-resources/Educational-resources.htm>

⁵ http://www.corp.att.com/history/milestone_1947b.html

⁶ <http://www.computerhistory.org/t dih/?setdate=24/3/2009>

⁷ <http://dictionary.zdnet.com/definition/integrated+circuit.html>