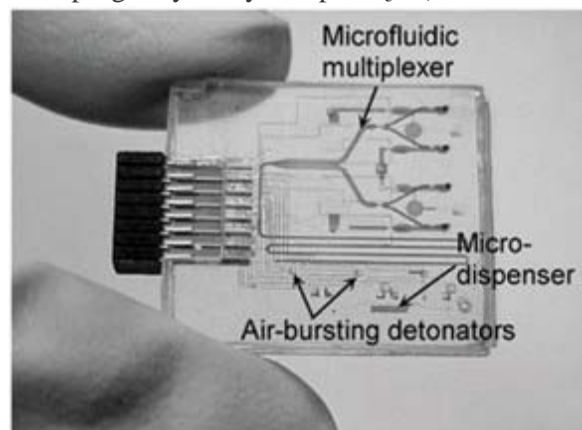


Filip Ozimek  
FUW

## Co można zmieścić w zegarku?

Odkąd naukowcom z NIST udało się pomniejszyć zegar atomowy do rozmiaru zegarka naręcznego [1], możemy się spodziewać że praktycznie wszystko da się zmniejszyć. Każdy zaznajomiony tylko trochę z techniką oglądając pod szkłem powiększającym mechanizm współczesnego szwajcarskiego zegarka wpadnie w podziw na widok miniaturowych kół zębatych, balansu czy śrubek, które można wkręcić tylko pod mikroskopem. Ale to nie jest granica współczesnej mechaniki: fragment dziedziny zwanej nanotechnologią pozwala nam zejść jeszcze niżej. Pogoń za miniaturyzacją zaczął się na początku lat 60tych, gdy naukowcy i inżynierowie zaczęli umieszczać coraz większe ilości tranzystorów na małych płytkach zbudowanych z półprzewodników. Dziś naukowcy potrafią także wytwarzać małe podzespoły i mechanizmy realizujące określone zadania, miniaturowe silniki, koła zębate, pompy transportujące małe ilości cieczy, małe siłowniki, czujniki ciśnienia czy temperatury i to wszystko w skali mikrometrów ( $1\mu\text{m}=0,000001\text{m}$ ). Ta technologia (MEMS – ang. microelectromechanical systems) wywodzi się w prostej linii od elektroniki, mikromechanizmy wytwarzane są w procesie fotolitografii, w podobny sposób co tranzystory czy układy scalone na podkładach z krzemu: warstwy półprzewodników są wielokrotnie naświetlane i trawione w określonych kolejnościach tworząc tranzystor czy mikrouządzenie. Takie mechanizmy działają w mikroświecie i wykonują proste funkcje, ale można budować z nich duże matryce wykonujące skomplikowane zadania. Ponieważ technologia produkcji jest dobrze opracowana i relatywnie tania można je wytwarzać tanio i na dużą skalę – tak jak dziś mikroprocesory. Miniaturyzacja pozwala na wspólne łączenie elementów mikromechanicznych z elektroniką, na bardzo małym obszarze można zmieścić mikromechanizmy jak i rozbudowane układy mikroprocesorowe mogące wykonywać określone programy zaszyte w pamięci (także umieszczonej na krzemie). Dostępne są także miniaturowe półprzewodnikowe źródła światła (dioda laserowa) oraz detektory światła (fotodiody lawinowe, PiN). Można połączyć te wszystkie podzespoły w jedną całość i zbudować miniaturowy system badawczy: układy elektroniczne są w stanie sterować procesami chemicznymi lub biologicznymi poprzez kontrolę miniaturowych pomp cieczy i zaworów, ruch mikrośilowników i równocześnie odczytywać z mikroczujników informację o badanym przedmiocie mierząc efekty zjawisk mechanicznych, termicznych, chemicznych, optycznych czy magnetycznych – wszystko w mikroskali. W ten sposób buduje się miniaturowe laboratorium na chipie (ang. lab on a chip – LOC), które odpowiednio zaprojektowane mogą przeprowadzać określone badania chemiczne lub biologiczne. Koszt produkcji w wielkiej skali jest stosunkowo niski, tyle co mikrochip. Możliwość integracji z elektroniką pozwala na minimalizację udziału przeszkolonego personelu, gotowe urządzenie po pobraniu próbki (np. krwi z palca pacjenta) jest w stanie po krótkim czasie przedstawić wyniki badania lekarzowi. Oczywiście lekarz może teraz robić badania w terenie, bo próbka już nie musi w specjalnych warunkach jechać do laboratorium odległego o setki lub tysiące kilometrów, w ciągu chwili możemy wykonać np. test na obecność wirusa HIV [2]. Przenośne laboratorium nie wymaga prądu elektrycznego z sieci, instalacji wodnej czy klimatyzacji, wszystko znajduje się w małym pudełku. To już prawie teraźniejszość. A co będzie jutro? Może pacjent będzie nosić na stałe przy sobie miniaturowe laboratorium zaczepione na przegubie ręki, które stale monitoruje stan zdrowia i wysyła okresowe raporty do lekarza, a w razie potrzeby dawkuje np. insulinę choremu na cukrzycę.



Laboratorium wielkości zegarka  
(C. H. Ahn, J. W. Choi, G. Beaucage, *Proc. IEEE*,  
2004. **92**. 154–173)

[1] <http://tf.nist.gov/ofm/smallclock/>

[2] [http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2007/01/counting\\_HIV.asp](http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2007/01/counting_HIV.asp)