



**САМАРСКИЙ** УНИВЕРСИТЕТ  
SAMARA UNIVERSITY

## **Интегральная электроника: как подковать блоху**

Доцент каф. наноинженерии  
Козлова Ирина Николаевна

Самара 2020



- Что такое интегральная электроника?
- Кто такие схемотехник, конструктор, технолог?
- Что такое прогресс в области электроники?
- Можно ли изготовить микросхему дома «на коленке»?
- Какая связь между технологическими процессами интегральной электроники и подковыванием блохи?
- Как Природа-мать подковала бы блоху?
- Когда Intel будет выращивать микросхемы на деревьях?



# ЧТО ТАКОЕ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА?

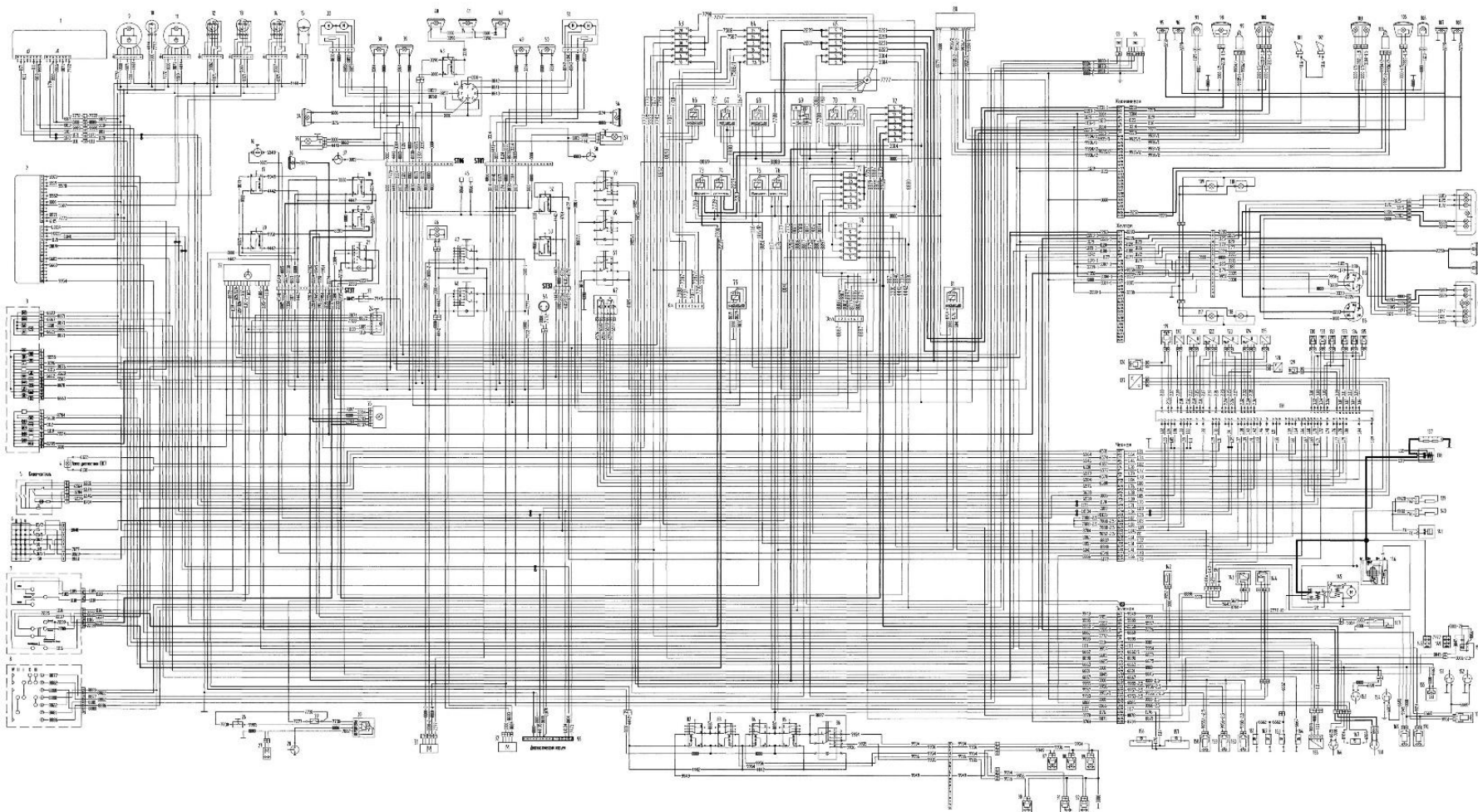
Что такое электроника? Электронное устройство?



<https://biggeek.ru/products/smartfon-google-pixel-4-xl-664gb-chernyj--just-black>  
<https://nout.kz/news/vybiraem-moshchnyy-igrovoy-noutbuk/>



# КТО ТАКОЙ СХЕМОТЕХНИК?

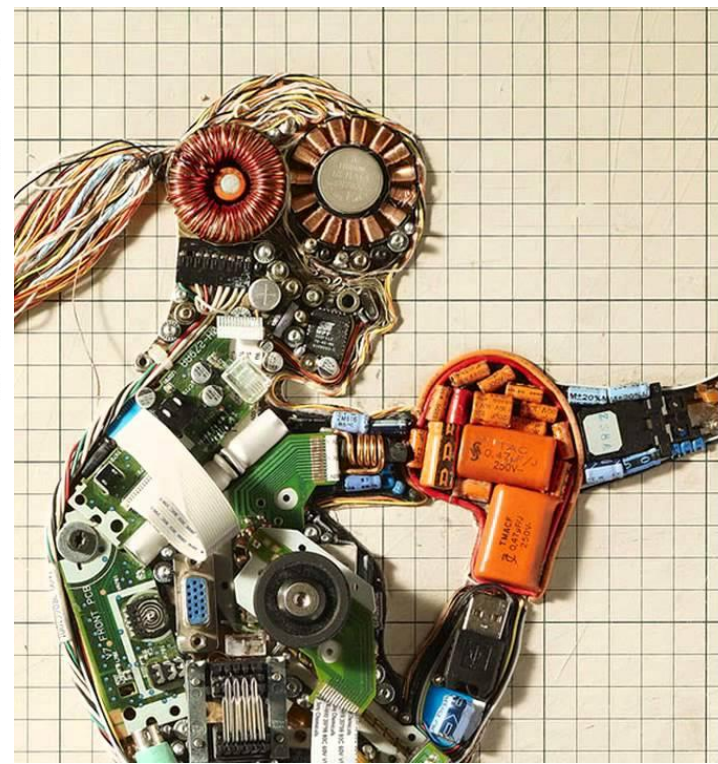
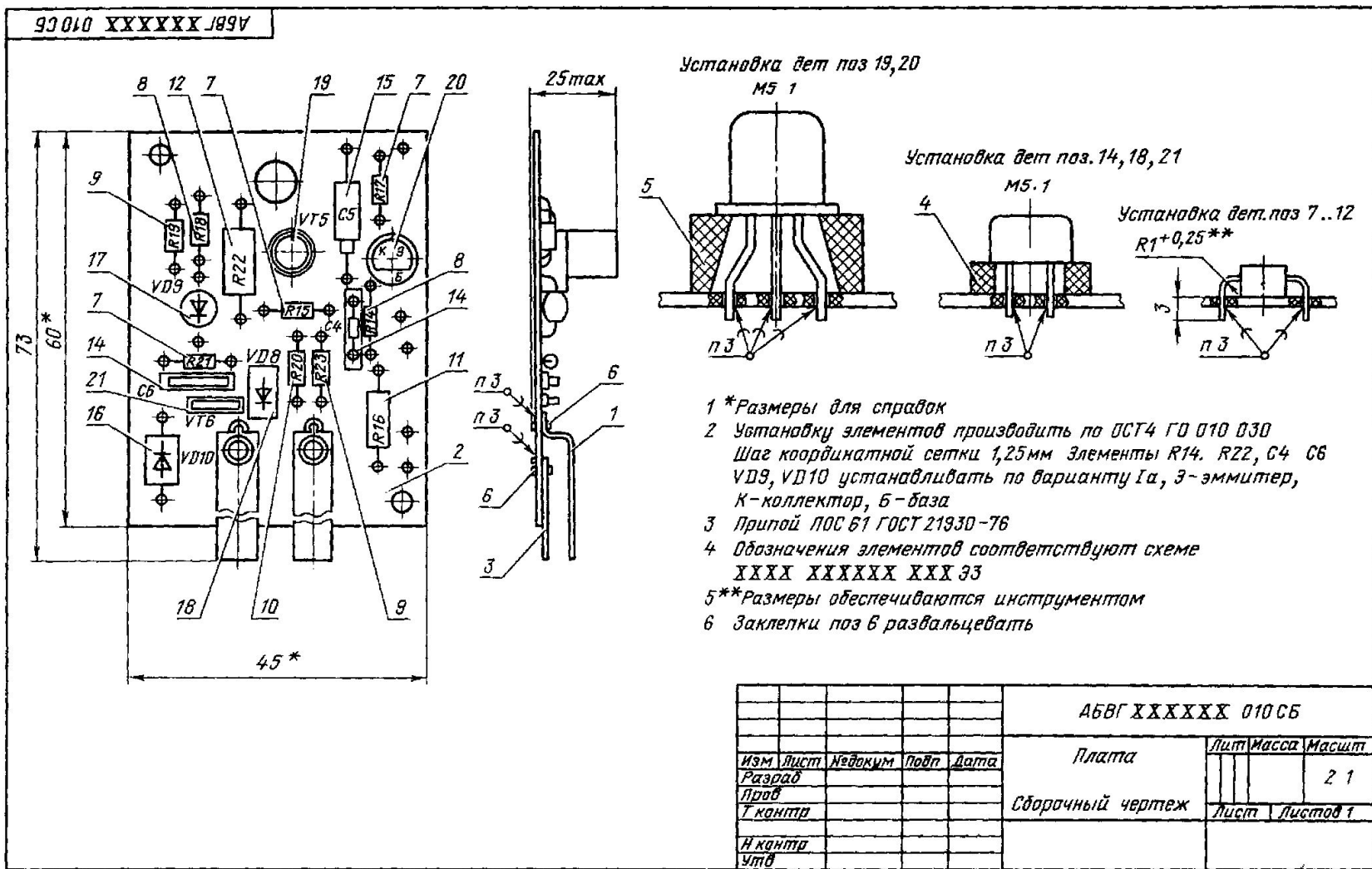


<http://digteh.ru/InjGraf/SxElektr/princ/>

<http://almarka.ru/polnaja-jelektricheskaja-principialnaja-shema-ural-6370/>

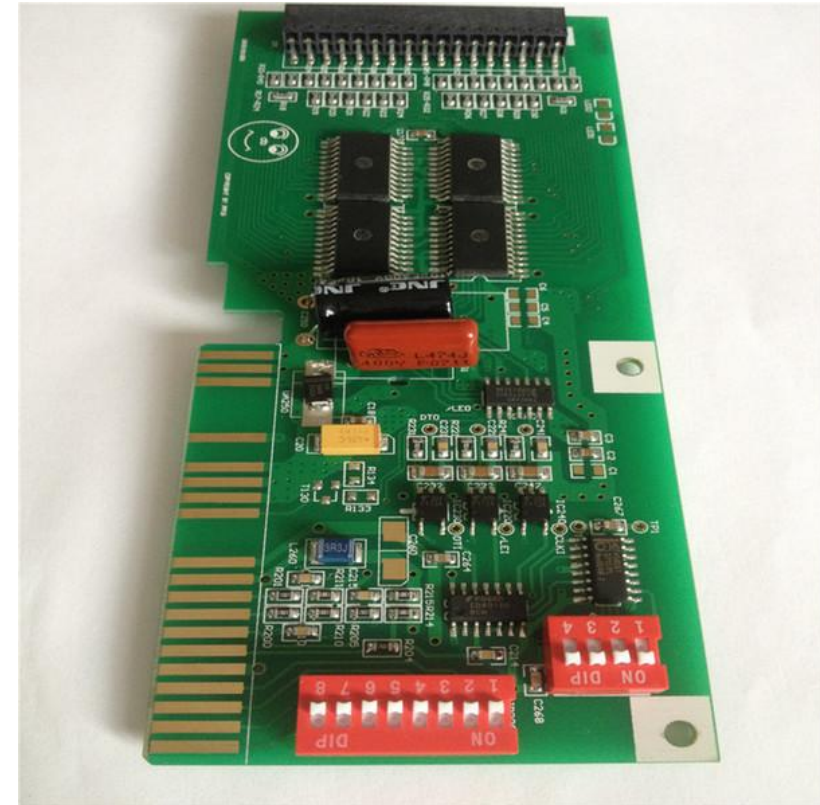
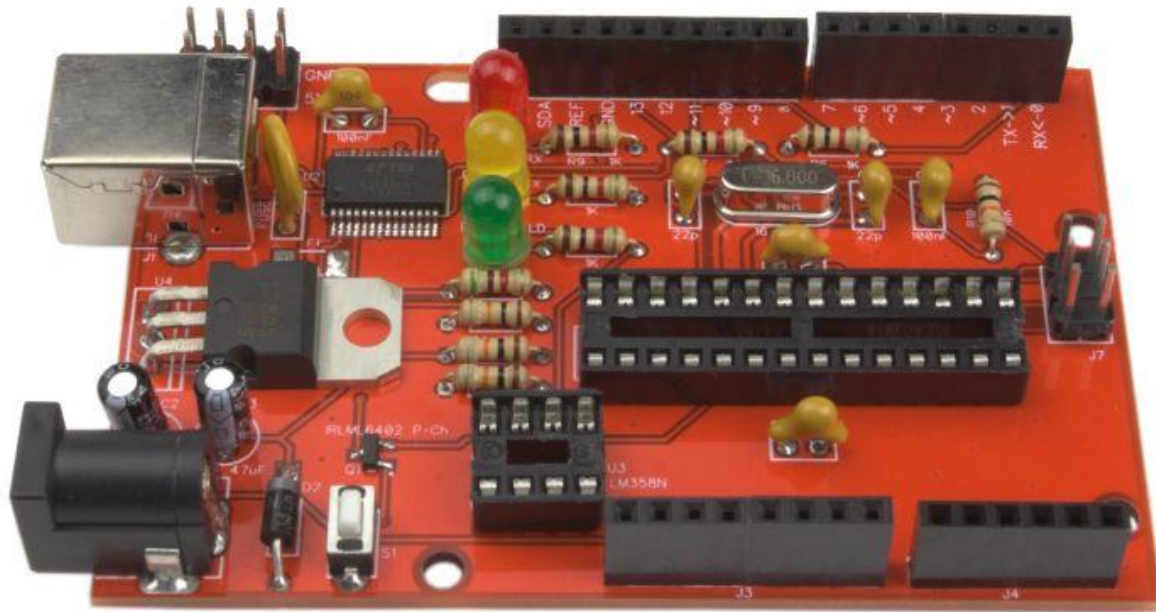


# КТО ТАКОЙ КОНСТРУКТОР?





# КТО ТАКОЙ ТЕХНОЛОГ?



[https://academy.evolvevector.ru/index.php?route=product/product&product\\_id=71](https://academy.evolvevector.ru/index.php?route=product/product&product_id=71)  
<https://ru.dhgate.com/product/94v0-circuit-board-laptop-motherboard-electronics/412886268.html>



## ГОТОВОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО: ВЕРХНИЙ УРОВЕНЬ ИЕРАРХИИ



<https://www.freepng.ru/>

ул. Московское шоссе, д.34, г.Самара, 443086, тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36, сайт: [www.ssau.ru](http://www.ssau.ru), e-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru)



## ЧТО ТАКОЕ ПРОГРЕСС В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ?

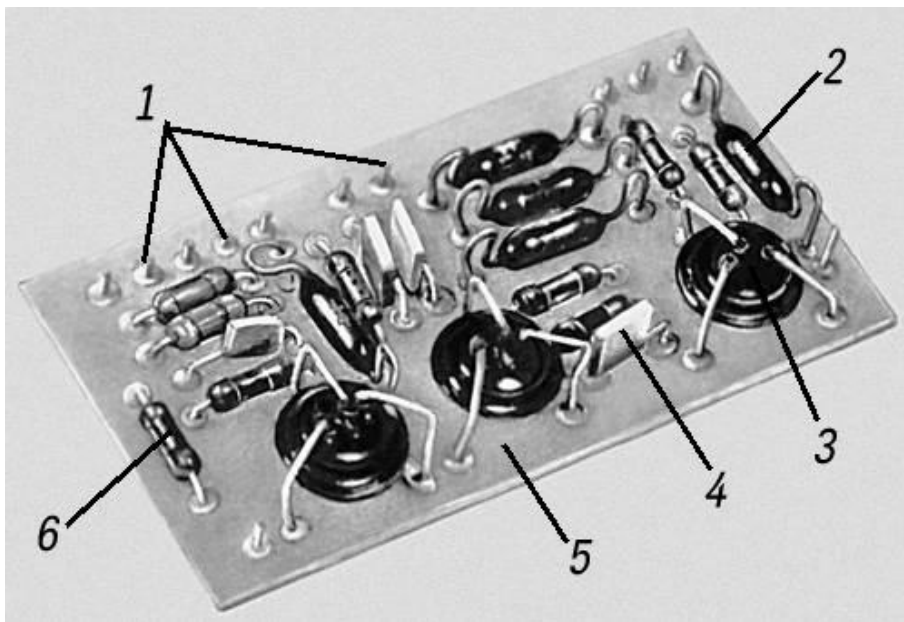
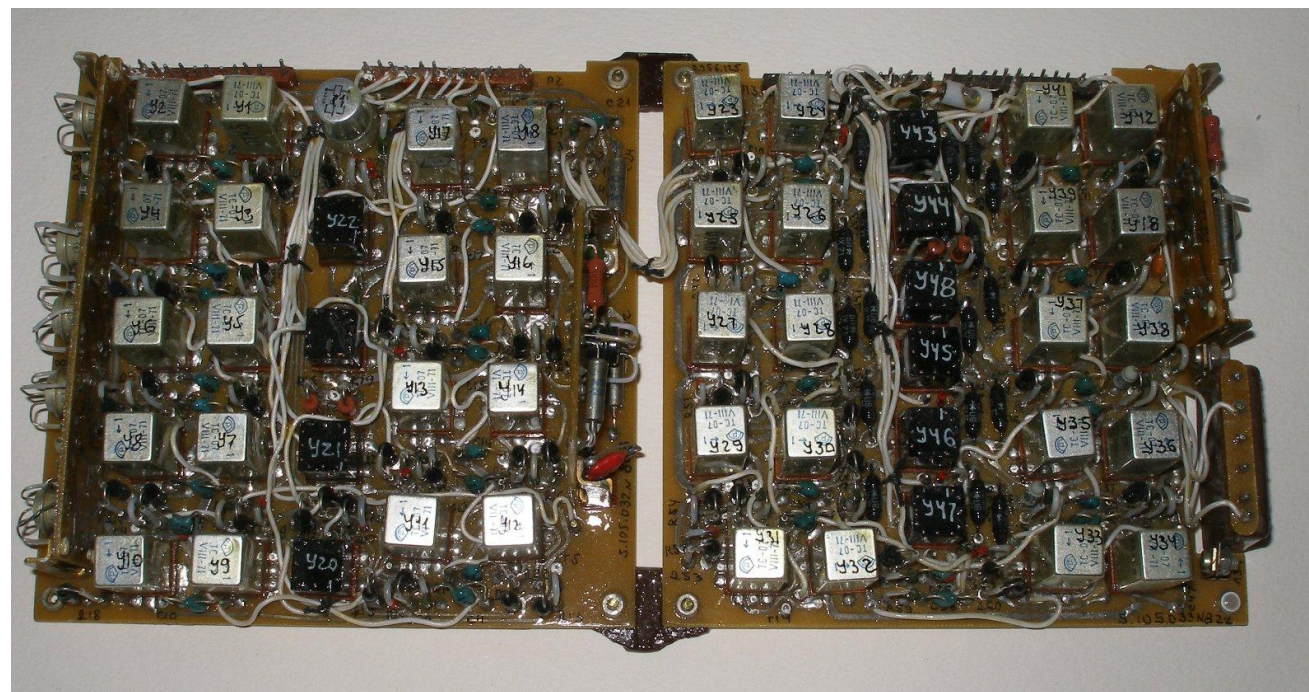


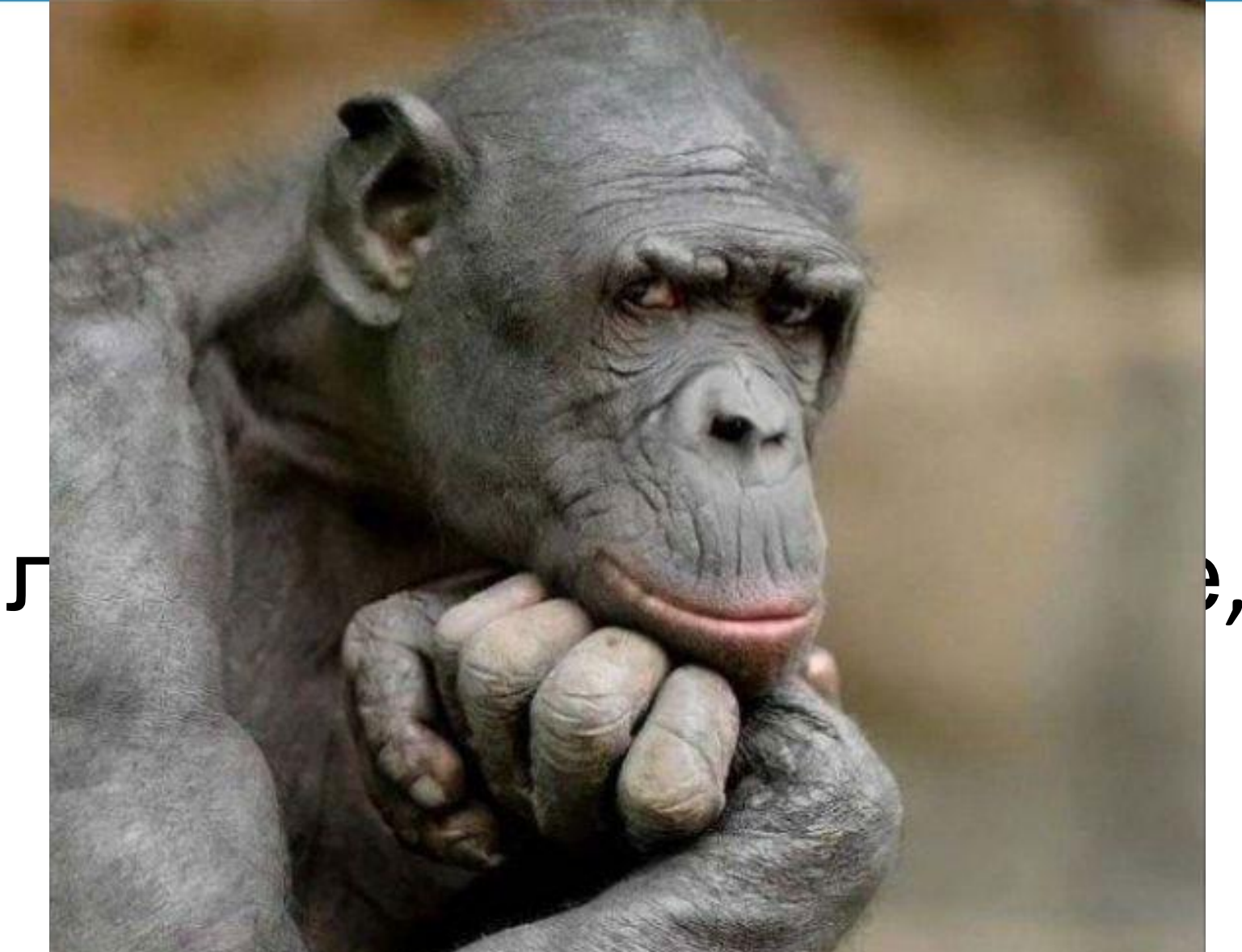
Рис. 1. Плоский модуль — логическая ячейка узла электронной вычислительной машины: 1 — выводы; 2 — полупроводниковый диод; 3 — транзистор; 4 — конденсатор; 5 — печатная плата (основание модуля); 6 — резистор.







## В ЧЕМ ЖЕ ПРОГРЕСС МИКРОСХЕМ?



Л

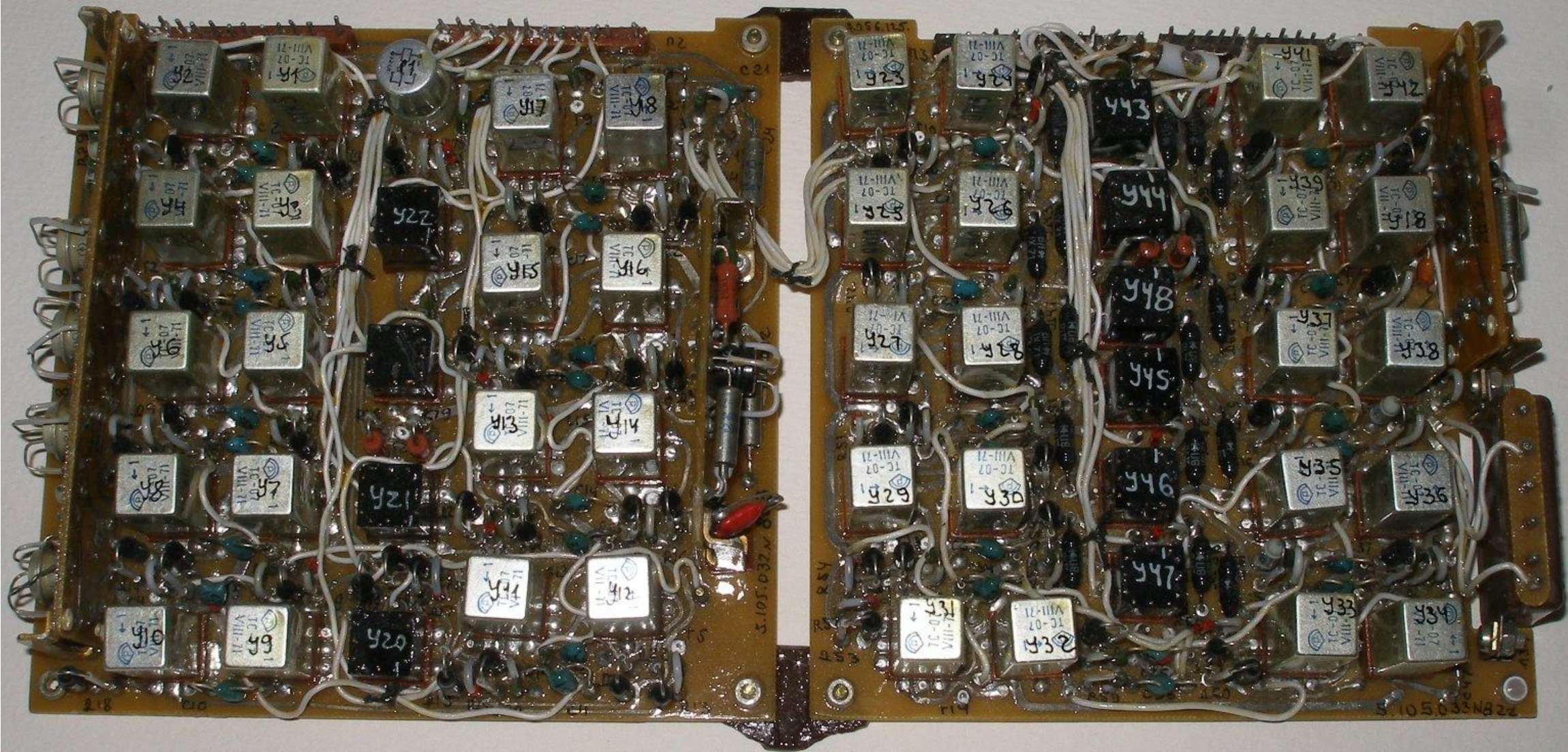
Е,

<http://superdemotivator.ru/zadumchivoe-lico-eto-esche-ne-priznak-uma.html>

ул. Московское шоссе, д.34, г.Самара, 443086, тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36, сайт: [www.ssau.ru](http://www.ssau.ru), e-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru)

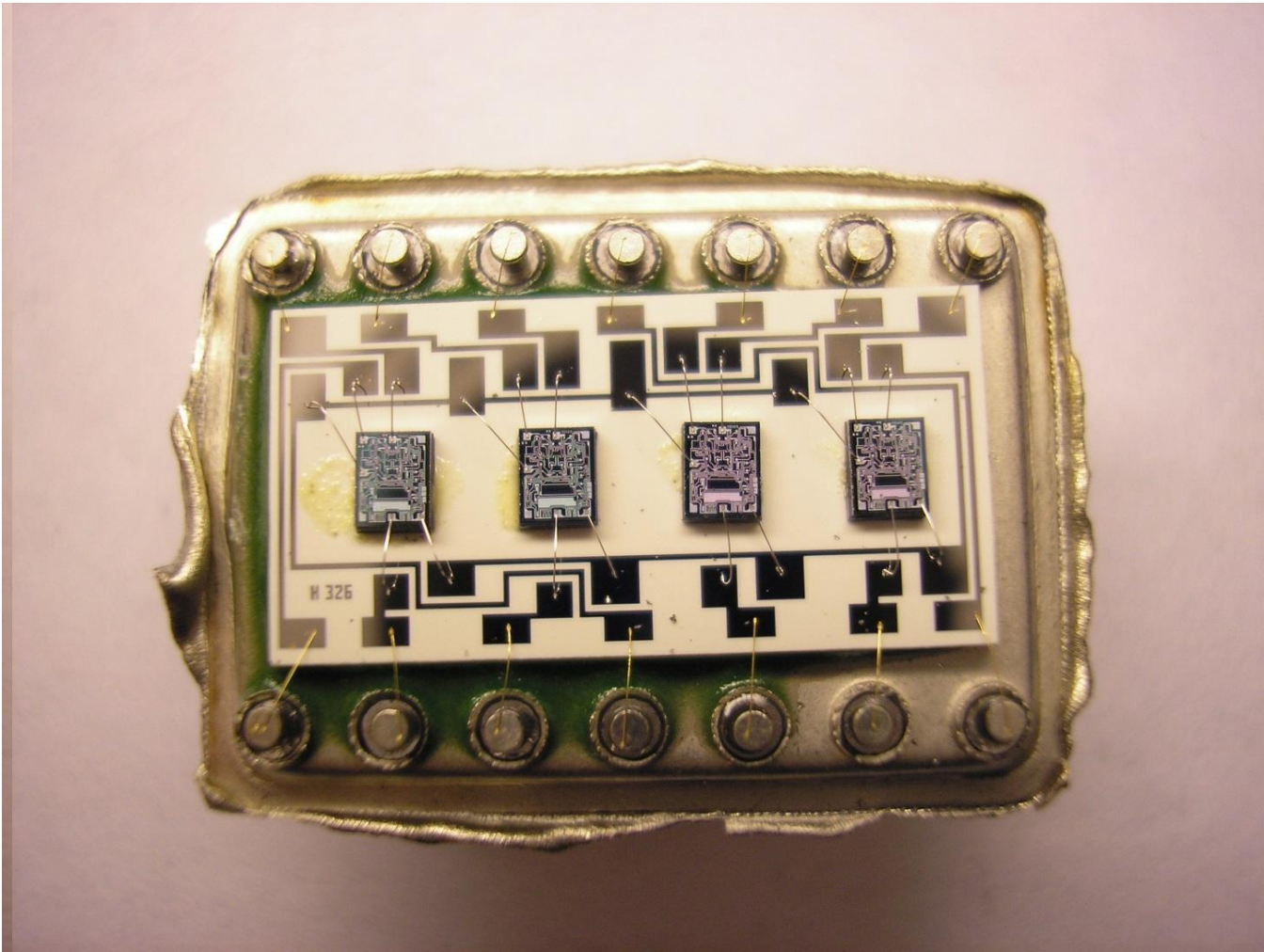


## РАССМОТРИМ ПОБЛИЖЕ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТ





## В ЧЕМ ЖЕ ПРОГРЕСС МИКРОСХЕМ?

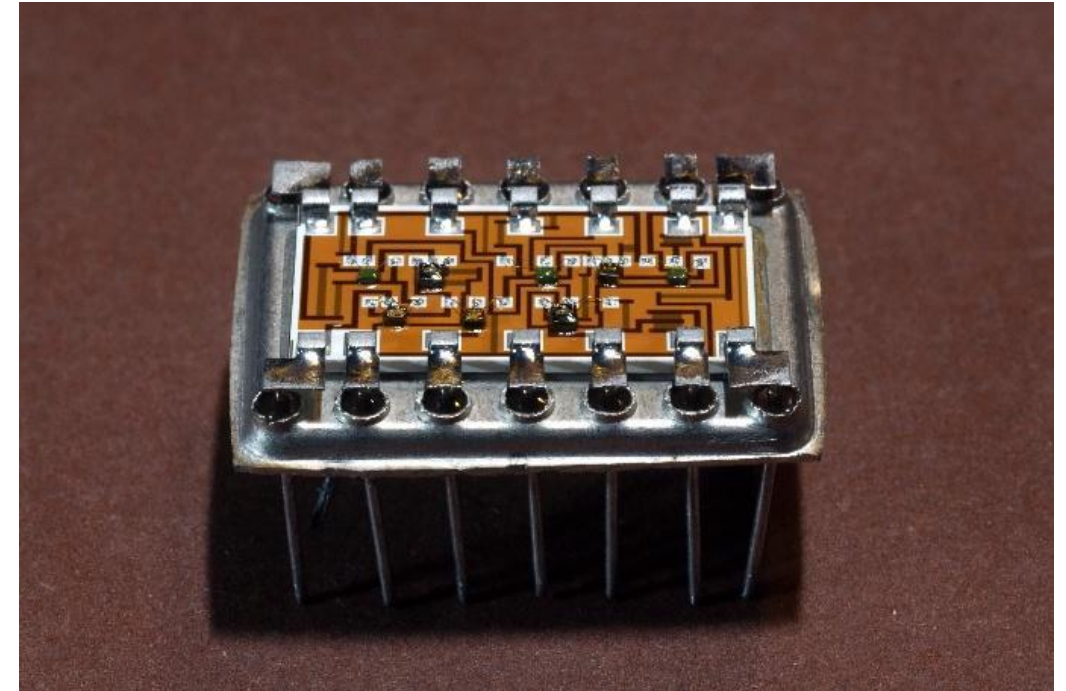
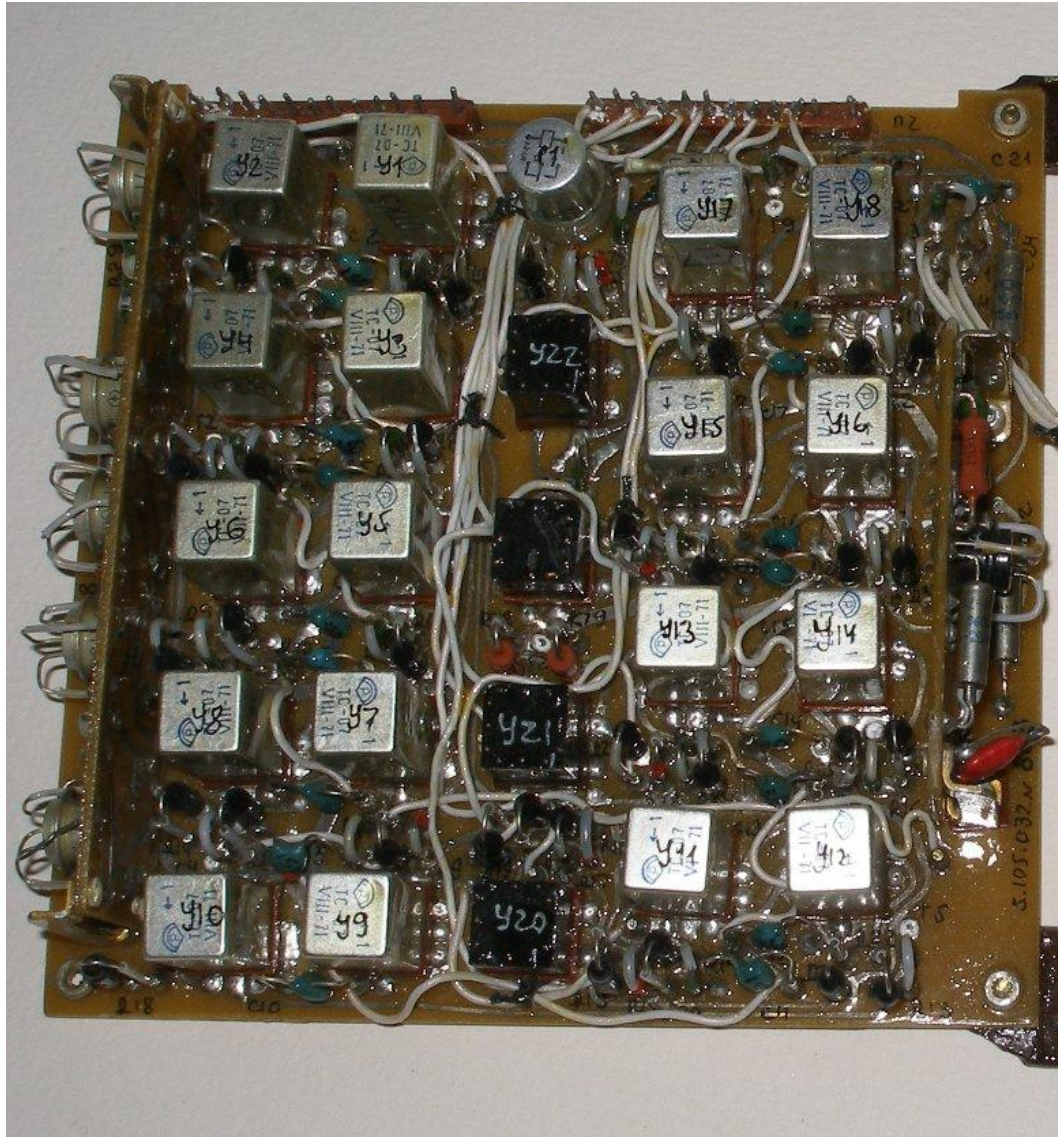


**Выигрыш в массо-габаритных показателях.**

**Выигрыш в функциональности.**



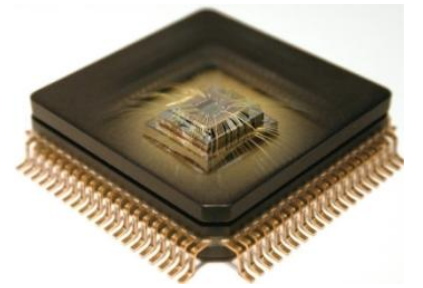
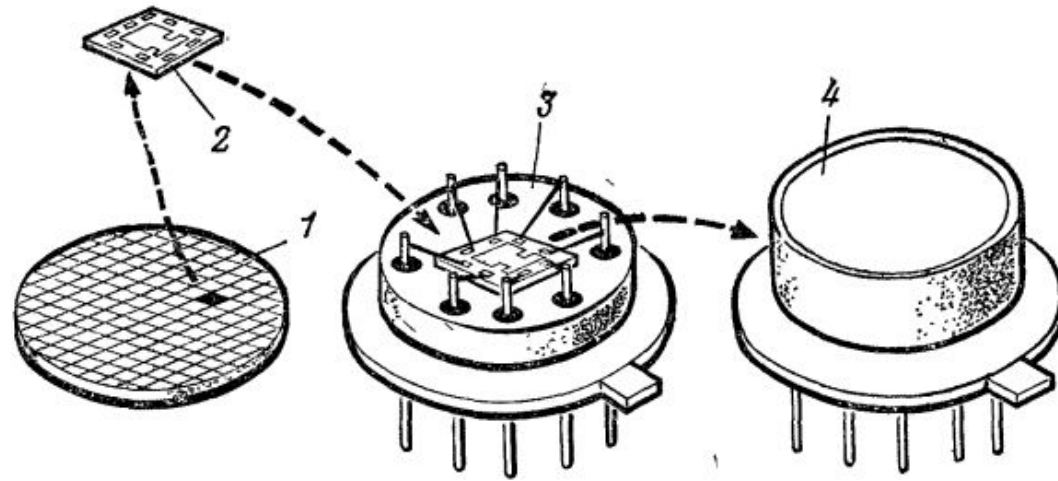
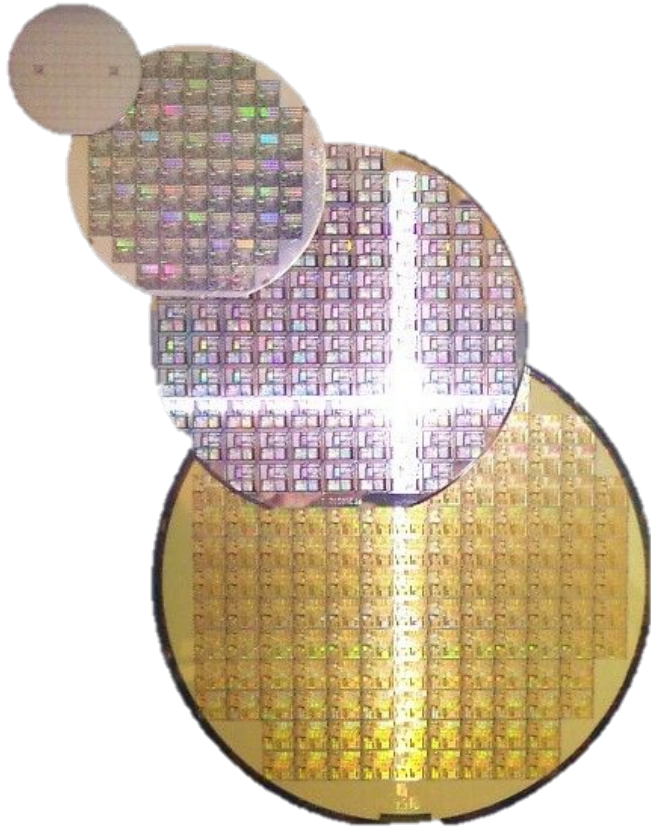
## В ЧЕМ ЖЕ ПРОГРЕСС МИКРОСХЕМ?



**Выигрыш в надежности.**



## В ЧЕМ ЖЕ ПРОГРЕСС МИКРОСХЕМ?



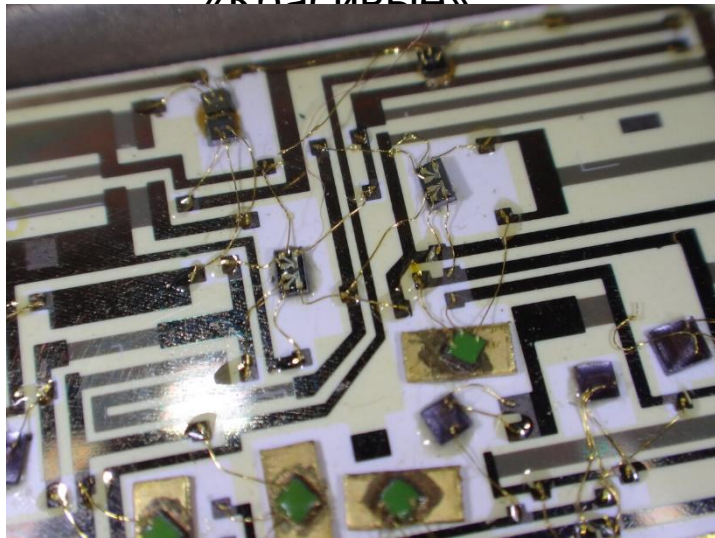
**Выигрыш в цене.**



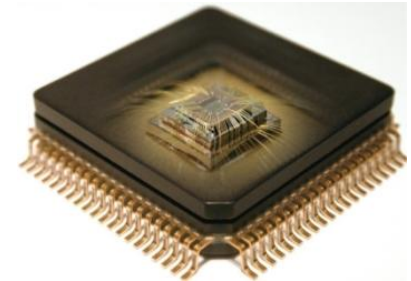
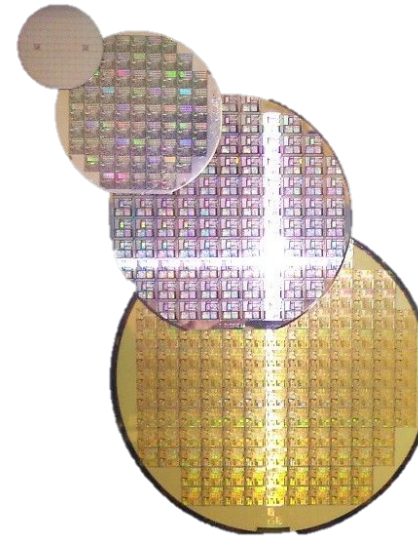
# МИКРОСХЕМА: НИЖНИЙ УРОВЕНЬ ИЕРАРХИИ



Гибридные  
микросхемы  
«Красивые»

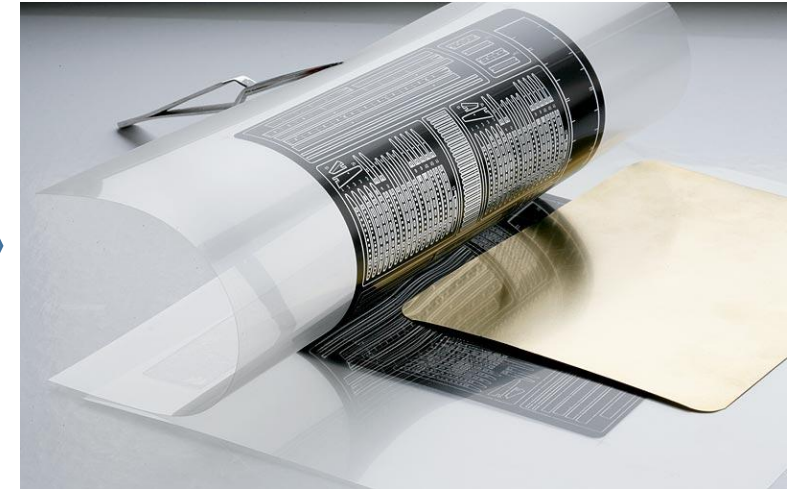
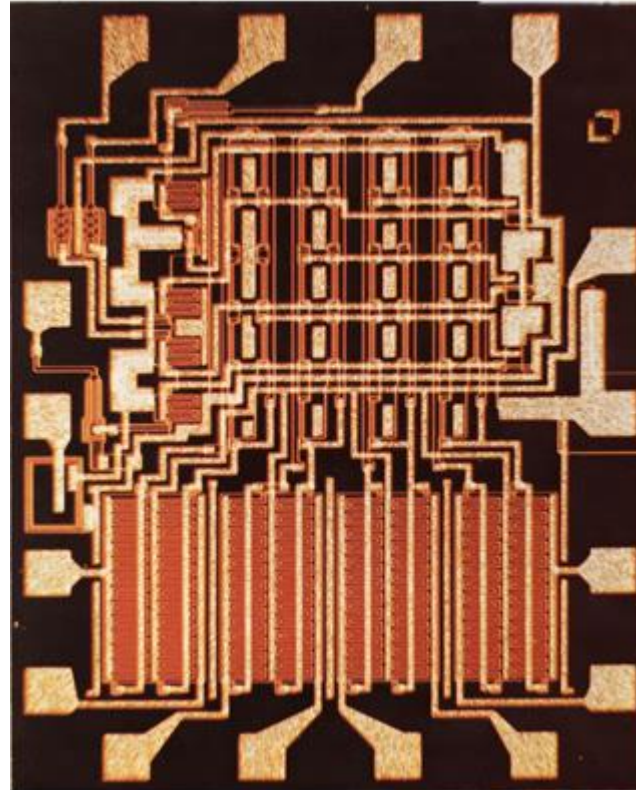
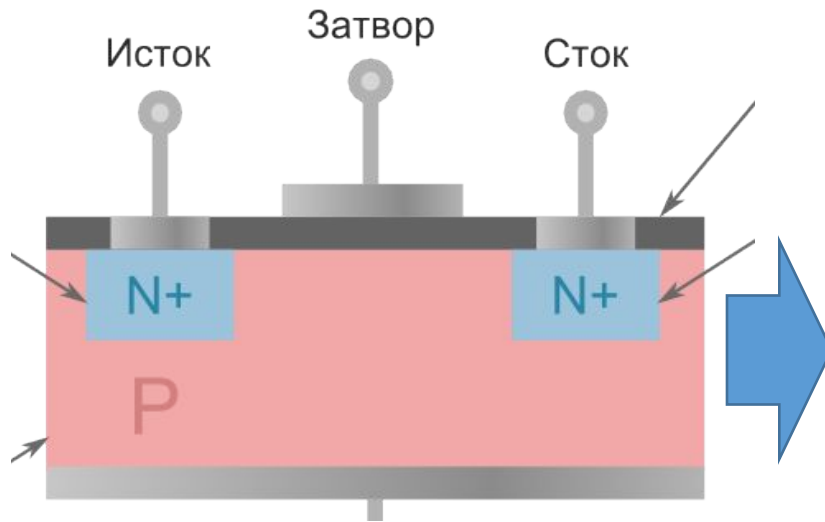


Полупроводниковые  
микросхемы  
«Некрасивые», ненаглядные





## ЧТО НУЖНО СДЕЛАТЬ?



Fairchild 3708 — первая коммерческая ИС с поликремниевыми затворами, 1968 г.

<https://www.radiokot.ru/forum/viewtopic.php?p=3591998>

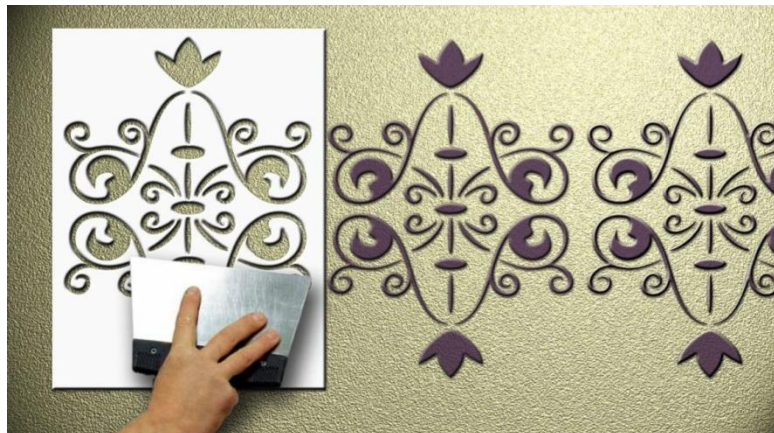
<http://vlsi-soc.blogspot.com/2015/12/channel-length-vs-gate-length.html>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%88%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BD>

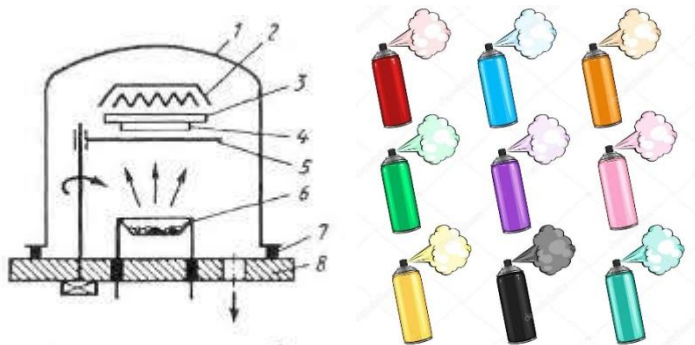


# КАК СДЕЛАТЬ ТАКОЙ МАЛЕНЬКИЙ ЭЛЕМЕНТ?

## Литография



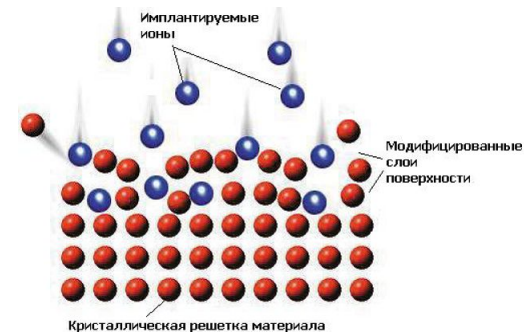
## Нанесение тонких пленок



## Удаление тонких пленок



## Легирование



<http://we.easyelectronics.ru/HomeTech/travim-platu-tem-chto-est-na-kuhne.html>

<http://www.cryosystems-mve.ru/lm/technology/ioimpl/>

<https://xreferat.com/38/1611-1-tehnologicheskie-processy-mikrosborki-plat.html>

<https://ru.depositphotos.com/80626224/stock-illustration-aerosol-sprays-with-paint.html>



ТАК ПОЧЕМУ ЭЛЕКТРОНИКА  
ИНТЕГРАЛЬНАЯ?

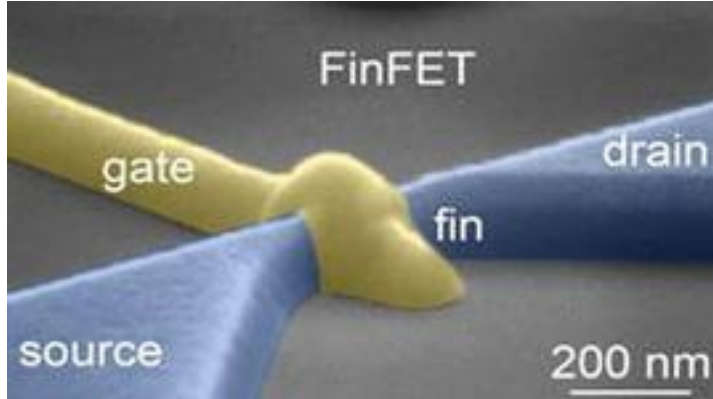
ПОЧЕМУ МИКРОСХЕМЫ  
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ?

ГРУППОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦ  
ЕССЫ

ОДНОВРЕМЕННО,  
ИНТЕГРАЛЬНО



# КАКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКОЙ И ПОДКОВЫВАНИЕМ БЛОХИ?



## ЗАДАЧА!

Сколько транзисторов разместится на «копытце» блохи?

Размеры блохи:

$$0,75-5 \text{ мм} = (0.75-5) \cdot 10^6 \text{ нм}$$

Площадь «стопы»:

$$(0.75 \cdot 10^6 : 20)^2 = 14 \cdot 10^8 \text{ нм}^2$$

Площадь одного современного транзистора:

$$200 \cdot 200 \text{ нм}^2$$

Итого, количество транзисторов на блошиной подкове:

$$3,5 \cdot 10^4 = 35 \text{ 000 штук.}$$

Samsung:

7 нм



Intel:

14 нм



TSMC:

7 нм

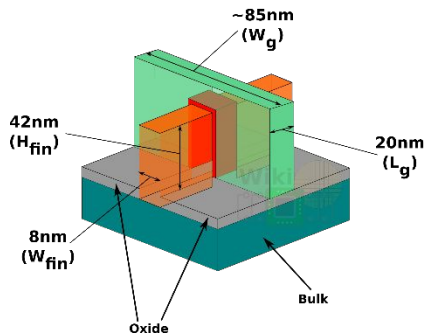


ПАО «Микрон»:

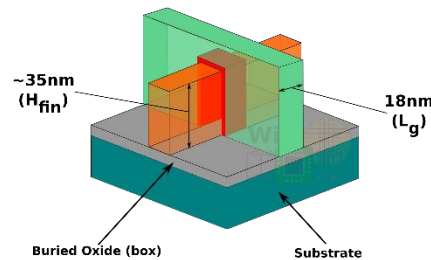
65 нм



Intel's 14nm (Bulk)



GF's 14HP (SOI)

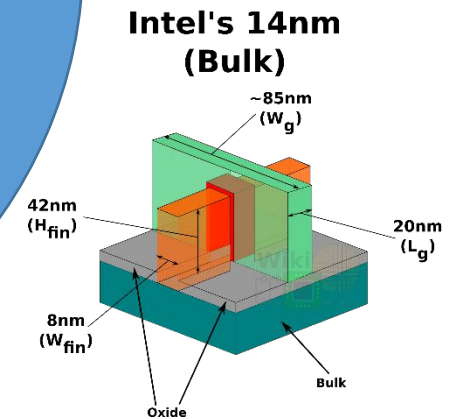
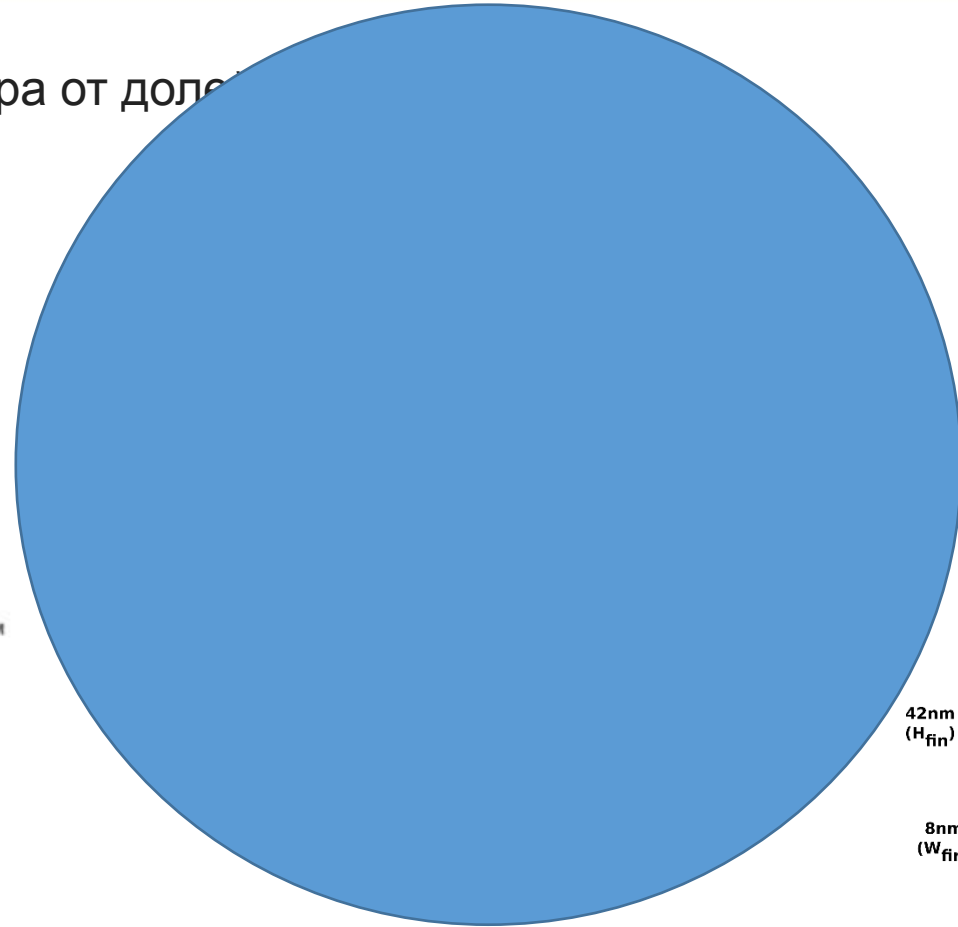


<https://fuse.wikichip.org/news/956/globalfoundries-14hp-process-a-marriage-of-two-technologies/>



# МОЖНО ЛИ ИЗГОТОВИТЬ МИКРОСХЕМУ ДОМА НА КОЛЕНКЕ?

К пыли относят частицы меньшего диаметра от долей микрона и до максимального — 0,1 мм.



<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%8B%D0%BB%D1%8C>

<https://tion.ru/blog/razmer-tverdyh-chastic/>



## ЧИСТЫЕ КОМНАТЫ

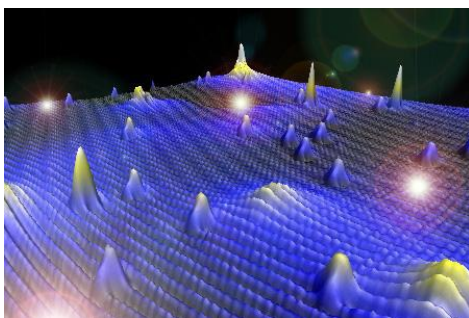
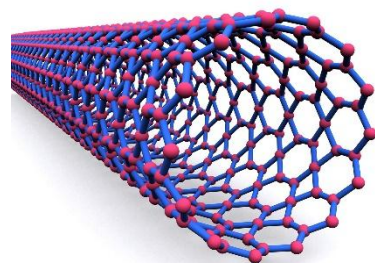


<https://kievsmi.net/novosti/science/377048-besporjadok-na-rabochem-meste-vredit-mozgu-uchenye.html>  
<https://fishki.net/1989920-tvorcheskij-besporjadok-na-krasivyh-kartinkah-i-v-realnoj-zhizni.html>  
<https://overclockers.ru/hardnews/show/90538/intel-pokazala-kak-prohodyat-soveshaniya-v-samom-chistom-pomeschenii-v-mire>



# МОЖНО ЛИ ИЗГОТОВИТЬ МИКРОСХЕМУ ДОМА НА КОЛЕНКЕ?

Сверхчистые материалы



Процесс легирования кремния - 1200°C



<http://www.russianelectronics.ru/leader-r/news/9318/doc/59586/>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9>

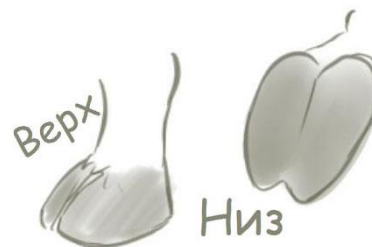


# А если поатомная сборка?

## ЗАДАЧА!

Считаем скорость атомной сборки блошиной подковы

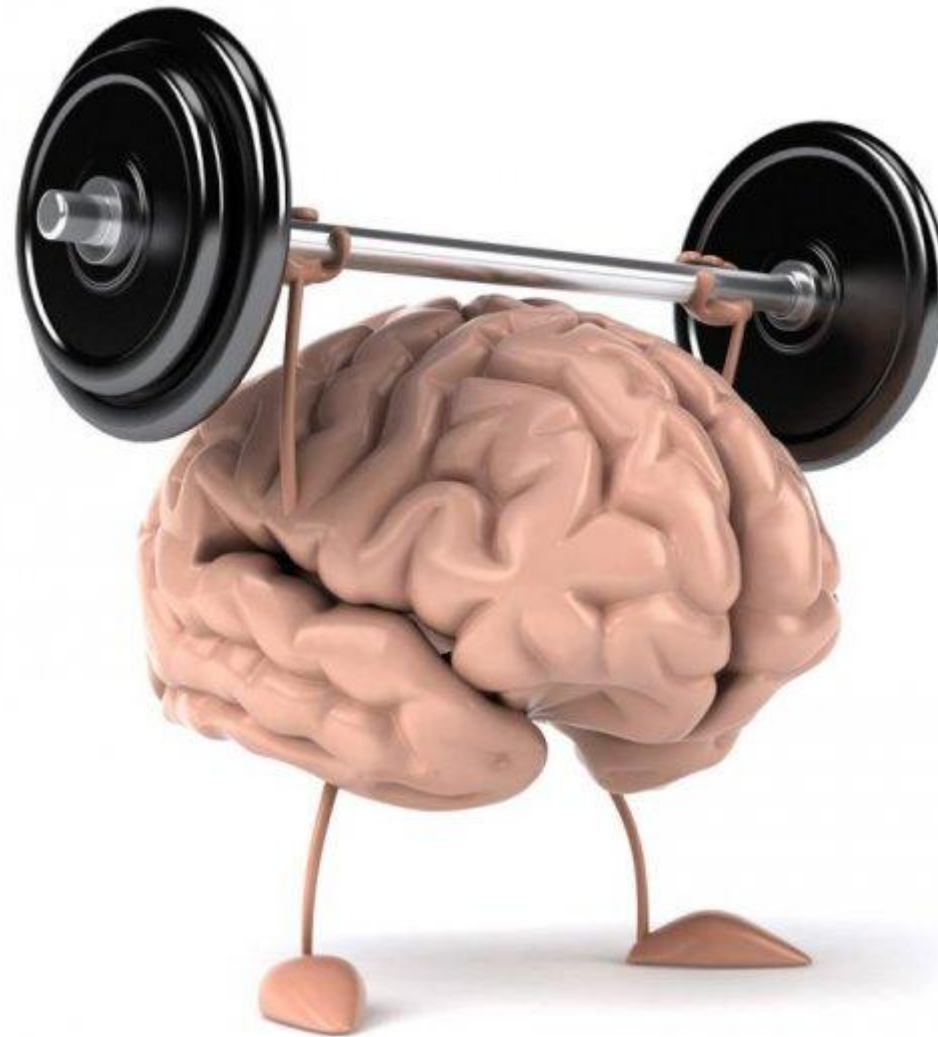
- Площадь копытца блоха  $(0.75 \cdot 10^6 : 20)^2 = 14 \cdot 10^8 \text{ нм}^2$
- Площадь одного атома  $1 \text{ нм}^2$
- Покрываем одним слоем атомов
- 1 атом перемещается за 1 секунду.



$$14 \cdot 10^8 \text{ с} \approx (14 \cdot 10^8 \text{ с}) / (24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с/дн}) \approx 16204 \text{ дн} \approx 44 \text{ года}$$



## КОГДА INTEL БУДЕТ ВЫРАЩИВАТЬ МИКРОСХЕМЫ НА ДЕРЕВЬЯХ?



<https://oprezi.ru/fl/img/znak-voprosa-97.html>

<http://nano-planet.org/main/3419-mozg-sposoben-raspoznat-kartinku-v-techenie-13.html>



## ЧТО ПОСМОТРЕТЬ НА ЭТУ ТЕМУ?

- <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/silicon-innovations/intel-14nm-technology.html>

### Каналы на youtube

- <https://www.youtube.com/user/SamsungMobile/videos>
- <https://www.youtube.com/user/channelintel/videos>
- <https://www.youtube.com/user/globalfoundries/videos>
- <https://www.youtube.com/user/amd/videos>
- <https://www.youtube.com/user/texasinstruments/videos>

### Видео по поиску «TSCM factory», «Микрон»

- <https://www.youtube.com/watch?v=Hb1WDxSoSec>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Pvczz3uU3j4>





**САМАРСКИЙ** УНИВЕРСИТЕТ  
SAMARA UNIVERSITY

**БЛАГОДАРЮ  
ЗА ВНИМАНИЕ**