



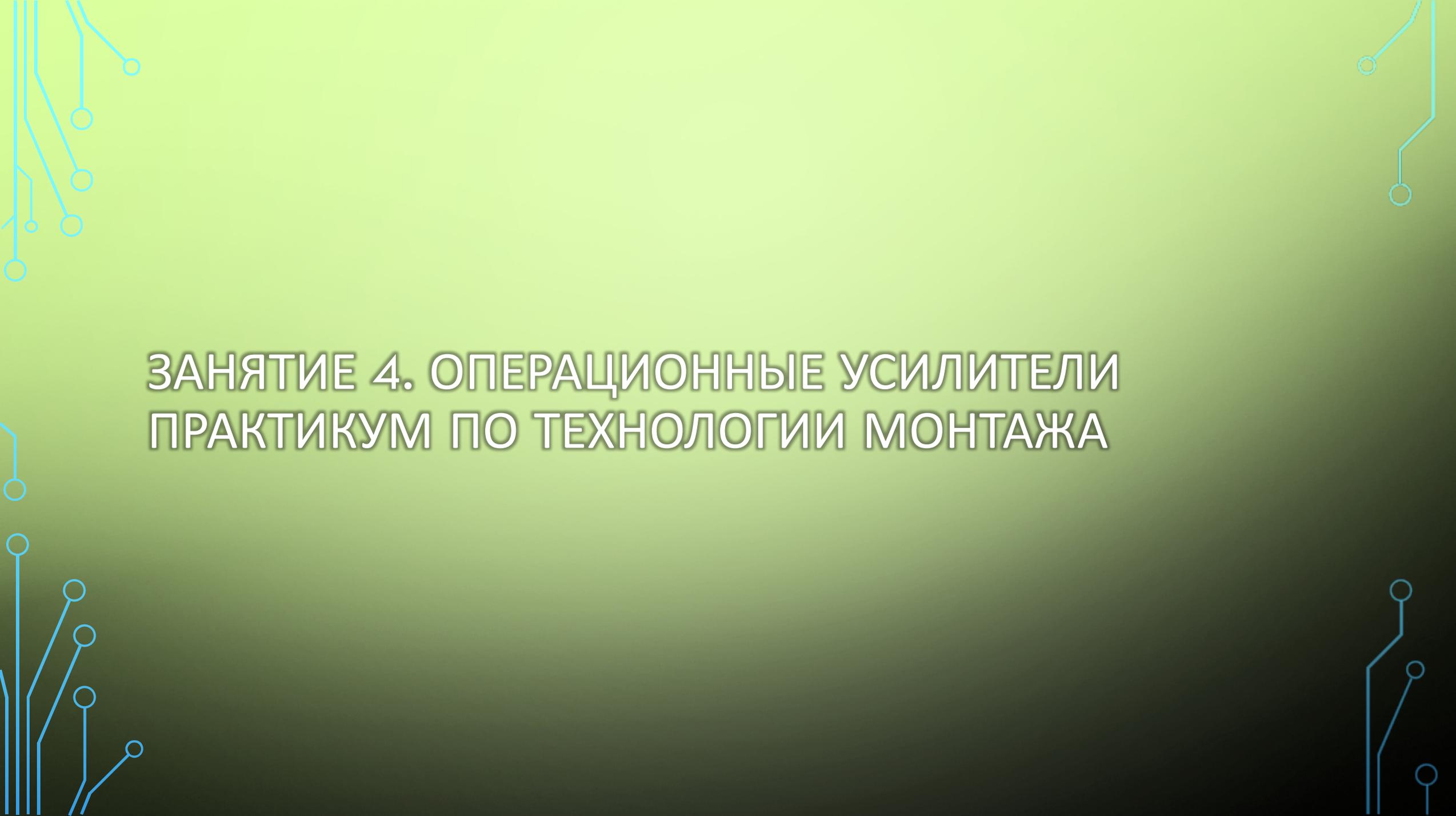
# ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 101

ТОЭ, ФИЗИКА, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

УРЖУМЦЕВ ОЛЕГ

[NETBUG@MIT.EDU](mailto:NETBUG@MIT.EDU)

[NB3.ME](http://NB3.ME)

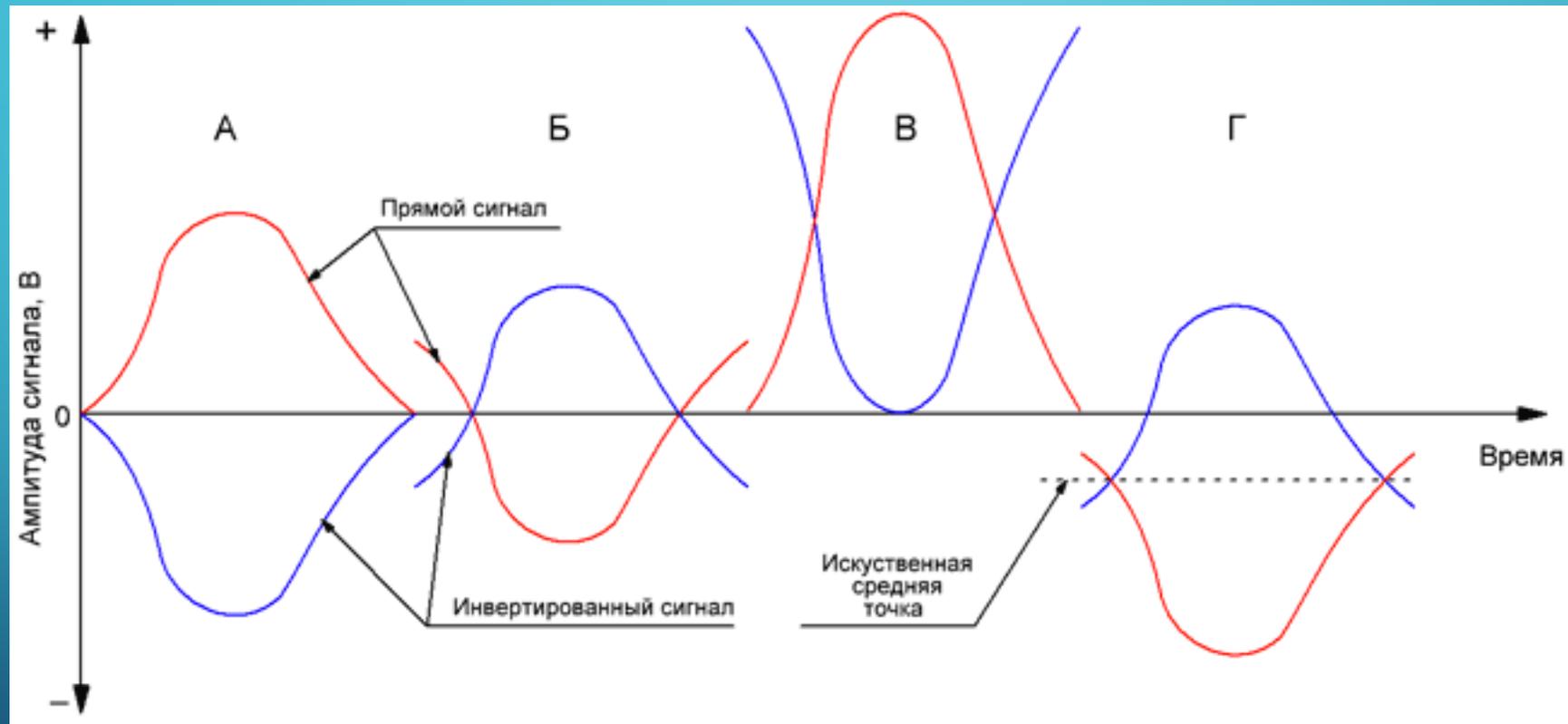
The background is a dark green gradient. In the corners, there are decorative circuit board patterns consisting of light blue lines and circles, resembling traces and vias on a PCB.

# ЗАНЯТИЕ 4. ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА

# ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

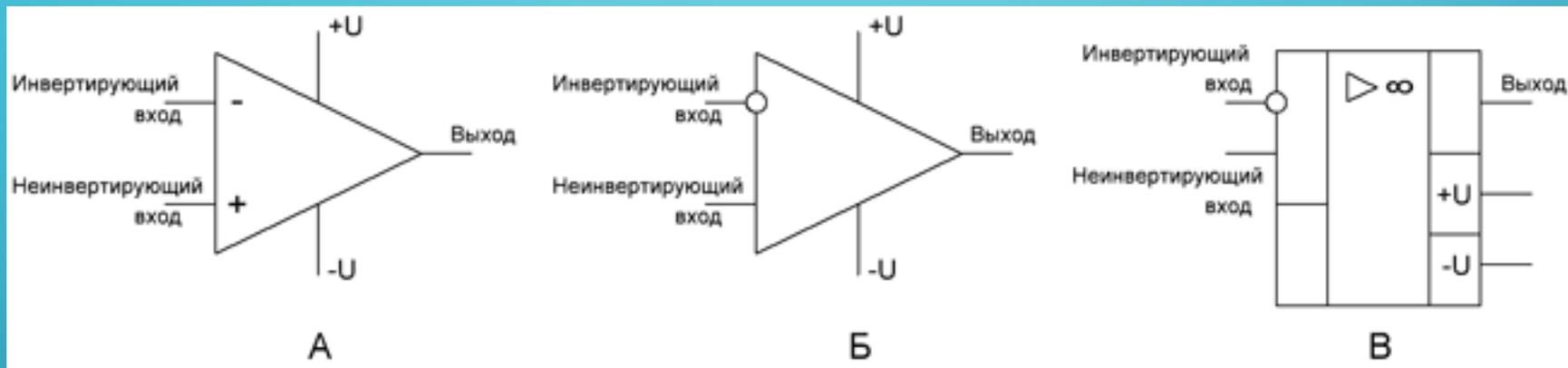
- ОУ является дифференциальным усилителем постоянного тока с двумя входами (инвертирующим и неинвертирующим) и одним выходом.
- ОУ имеет огромный коэффициент усиления, как минимум, 50000...100000, а реально — намного больше. Поэтому, в первом приближении, можно даже допустить, что он равен бесконечности.
- Термин «дифференциальный» («different» переводится с английского как «разница», «различие», «разность») означает, что на выходной потенциал ОУ влияет исключительно разность потенциалов между его входами, *независимо* от их *абсолютного* значения и полярности.

# ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ



Сигналы на ОУ

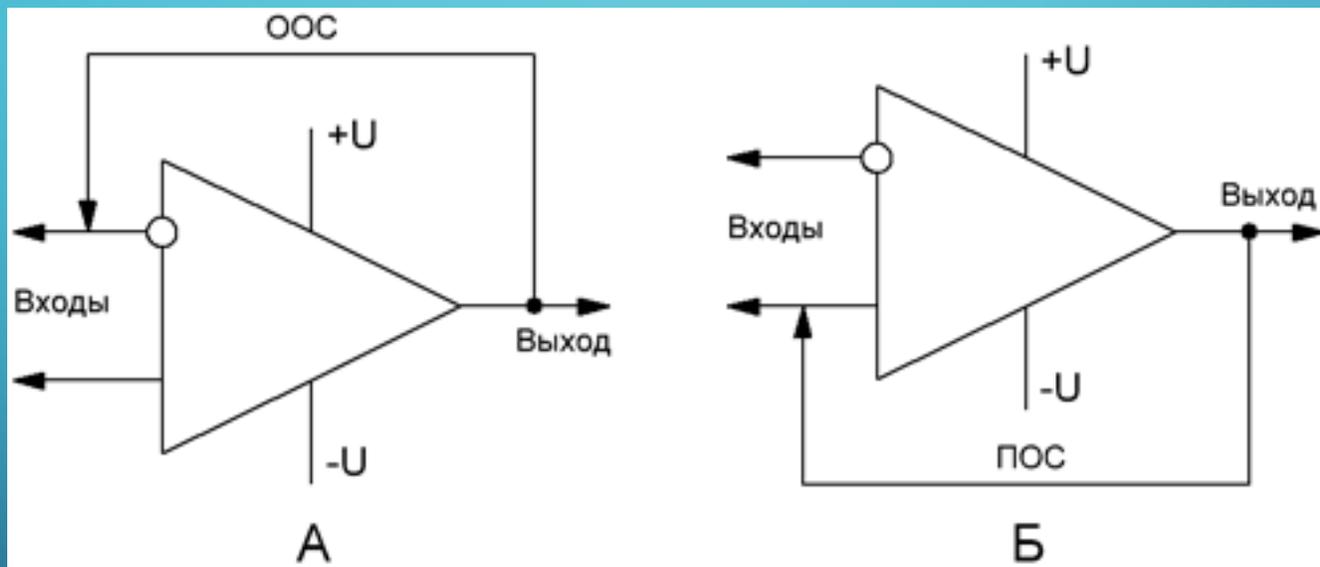
# ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ



- Варианты обозначения ОУ на схемах
- Существуют как ОУ с двуполярным питанием (необходим БП со средней точкой), так и с однополярным (обычный БП с двумя выводами)
- Двуполярное питание способствует меньшему уровню шумов

# ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

- ОУ почти всегда используются в схемах с отрицательной обратной связью (ООС).

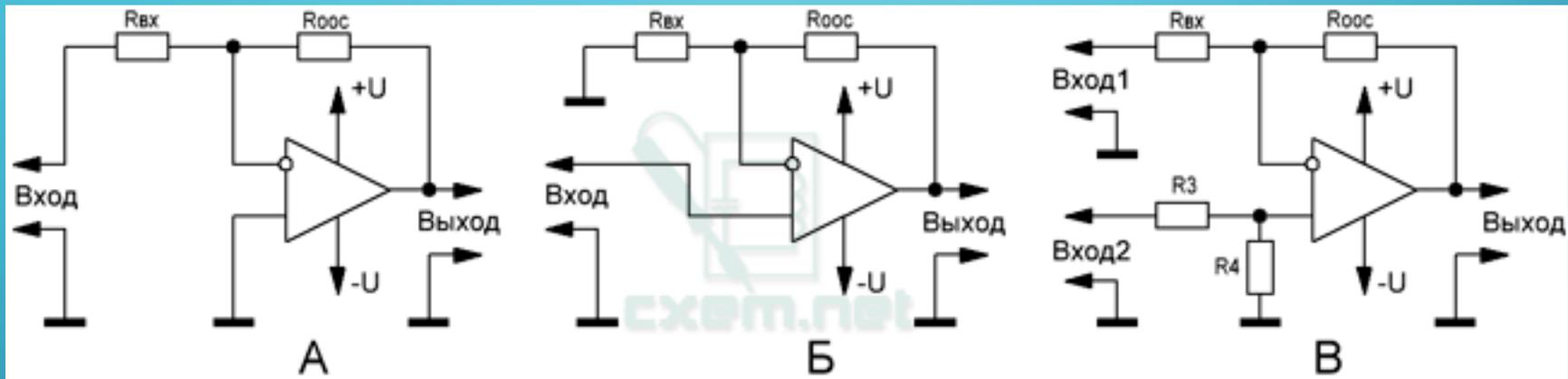


- В первом случае, поскольку выходной сигнал является инверсным по отношению ко входному, он вычитается из входного. В результате общее усиление каскада снижается. Во втором случае — суммируется со входным, общее усиление каскада повышается.

# ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

- Жертвуя усилением, мы существенно улучшаем другие важные параметры схемы, как, например, её линейность, частотный диапазон и пр. Чем глубже ООС, тем меньше характеристики всей схемы зависят от характеристик ОУ.
- *Напряжение на выходе ОУ, охваченном ООС, стремится к тому, чтобы потенциал на инвертирующем входе уравнился с потенциалом на неинвертирующем входе.*

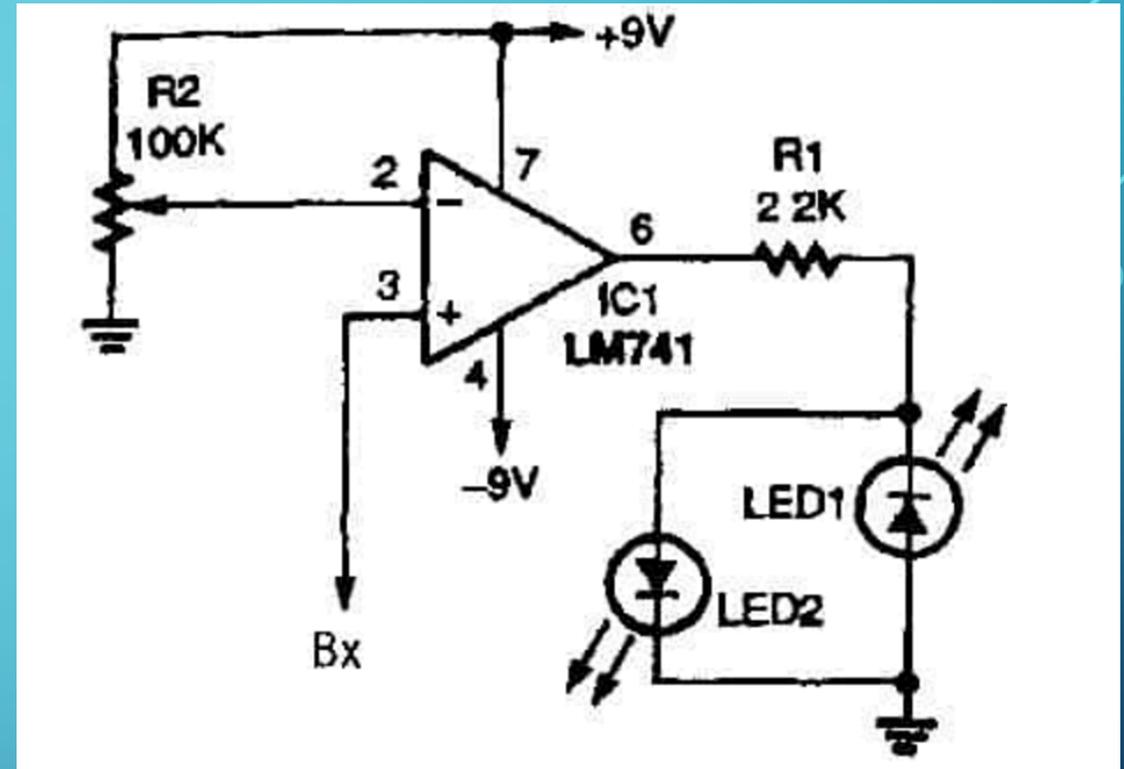
# ПОДКЛЮЧЕНИЕ ОУ



- А) инвертирующее** (Рис. А) — сигнал подается на инвертирующий вход, а неинвертирующий подключается непосредственно к опорному потенциалу (не используется);
- б) неинвертирующее** (Рис. Б) — сигнал подается на неинвертирующий вход, а инвертирующий подключается непосредственно к опорному потенциалу (не используется);
- в) дифференциальное** (Рис. В) — сигналы подаются на оба входа, инвертирующий и неинвертирующий.

# ОУ КАК КОМПАРАТОР

- ОУ без обратной связи может использоваться как компаратор
- Более высокое напряжение должно быть на неинвертирующем выходе
- Когда неинвертирующий вход падает ниже инвертирующего входа, выходной сигнал насыщается при отрицательном уровне питания. Выходное напряжение ОУ ограничивается только напряжением питания



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ

- Выбор задачи
- Поиск готовых решений
- Вычерчивание
- Симуляция
- Выбор технологии монтажа (сложность схемы, ограничения на габариты и условия эксплуатации готового изделия)
- Производство

# ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА

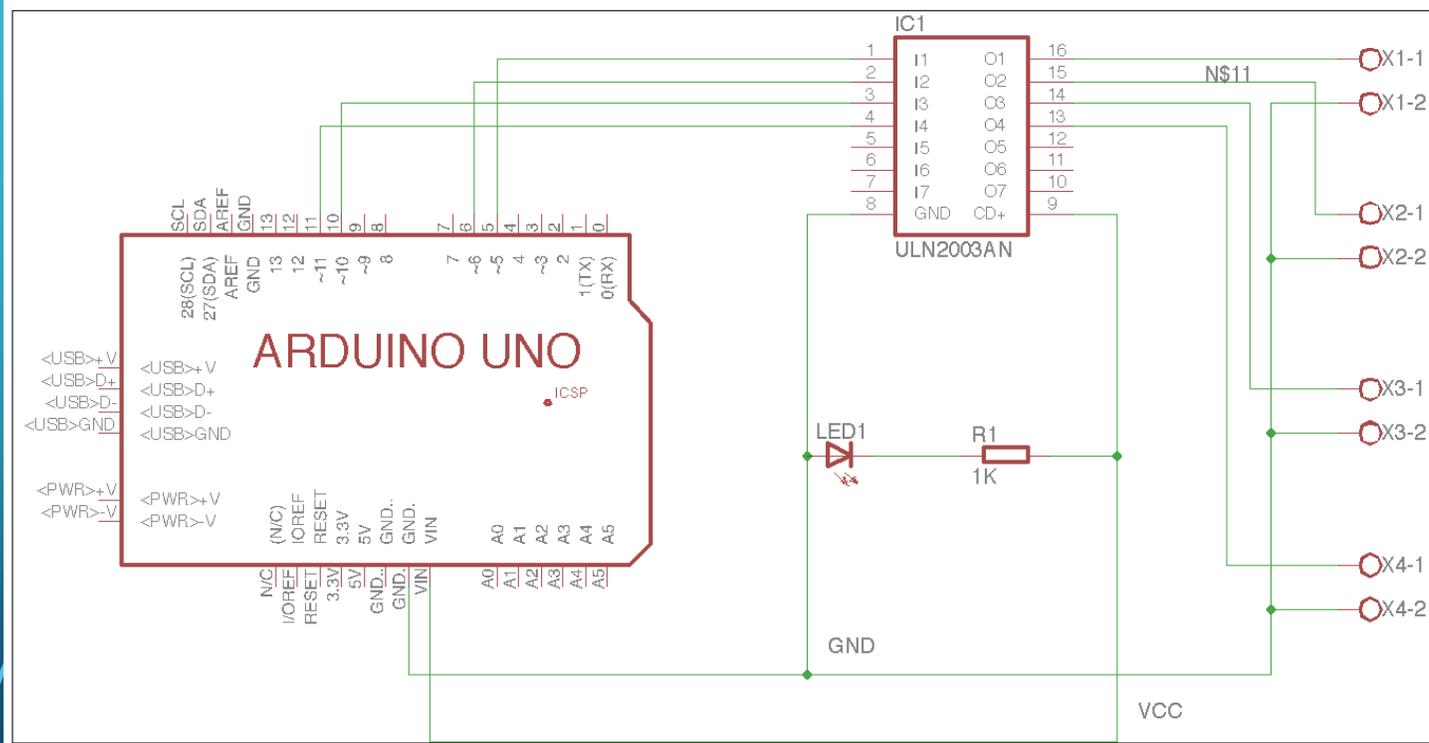
- Навесной монтаж
- Монтаж на опорных точках
- Монтаж на печатной плате
  - Одно- или двухсторонний
  - Жёсткая (текстолит, гетинакс, керамика) либо гибкая
  - Through-hole либо surface mount (SMD)
- Изготовление микросхемы либо микросборки

# ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

- Односторонний гетинакс, вырезание фрезой: годится для прототипирования в габаритах или готового изделия, не толерантного к вибрации и влажности
- По вычерченной схеме создаётся разводка печатной платы
- Зеркальное чёрно-белое изображение печати переводится в Fab-модули (режим PNG to RML)
  - Grayscale PNG с чёрным и белым цветами!

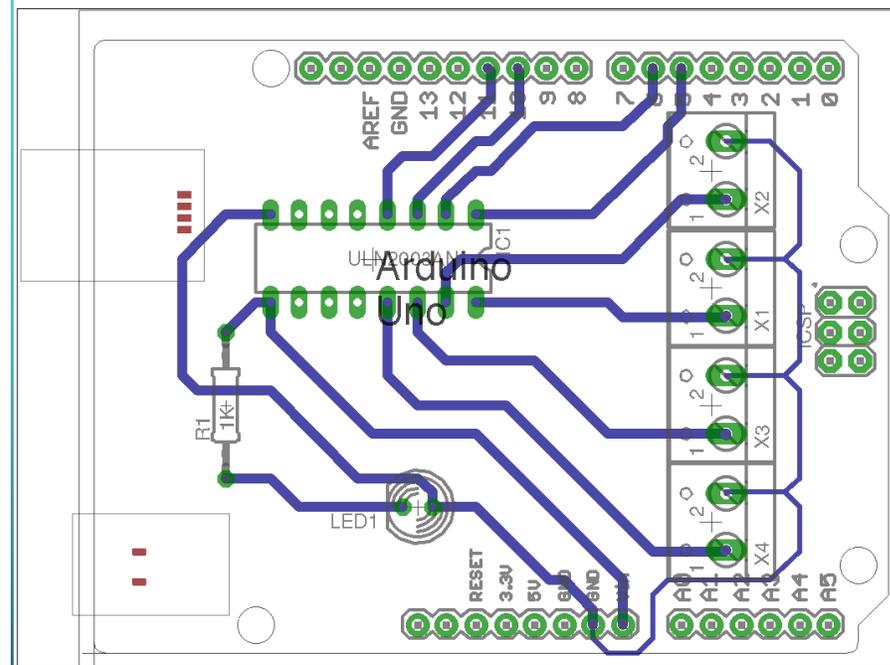
# ОТ СХЕМЫ К РАЗВОДКЕ (DIAGRAM TO LAYOUT)

EAGLE Schematic



Принципиальная схема

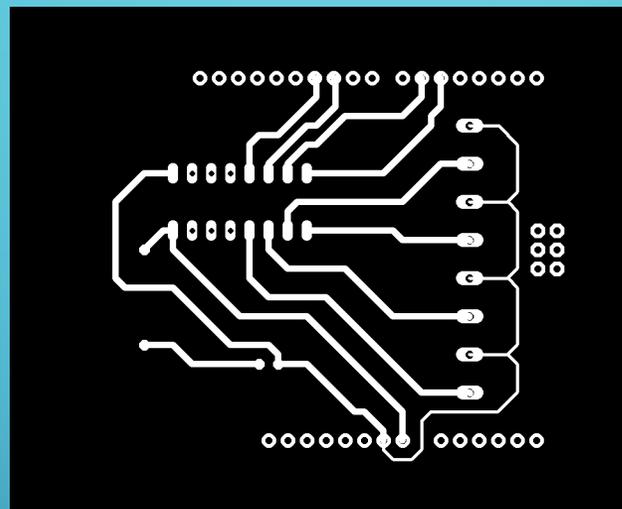
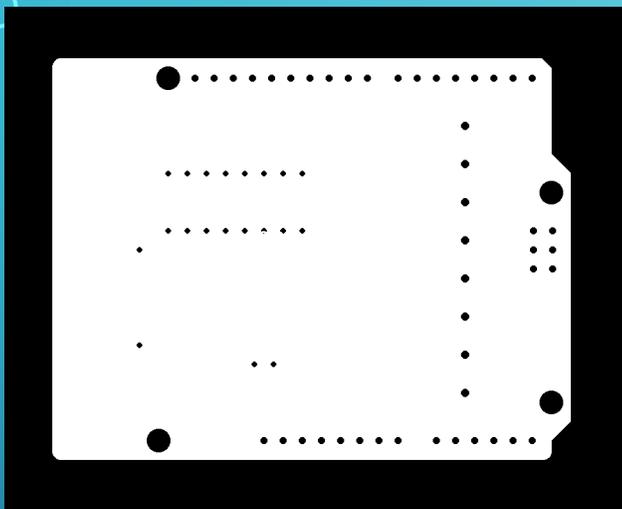
EAGLE Board



Полная печатная плата

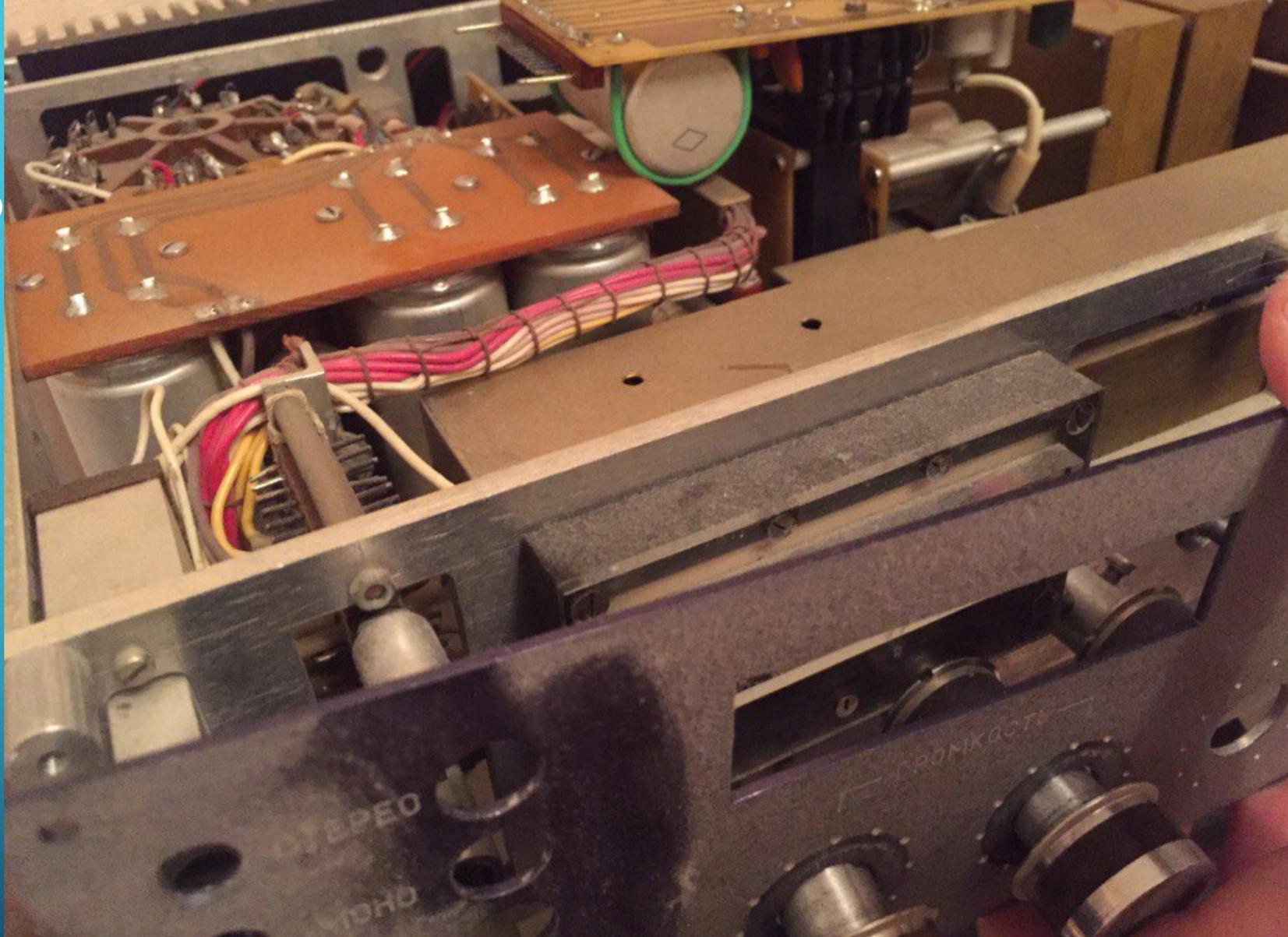
# ОТ РАЗВОДКИ К ИЗДЕЛИЮ

- При изготовлении печатной платы методом фрезеровки необходимо создать два задания:
  - Фрезеровка дорожек
    - более тонкая фреза (0.8, 0.4 или 0.2mm)
    - Глубина 0.1-0.3mm – нужно лишь снять слой меди
    - Скорость 3-4 mm/s
  - Фрезеровка контура
    - Фреза толще, несколько проходов, итоговая глубина > толщина материала (1.7mm для 1.5mm текстолита)
- **Grayscale PNG**, два цвета
  - Белый обозначает остающиеся фрагменты
  - Чёрные зоны будут отфрезерованы

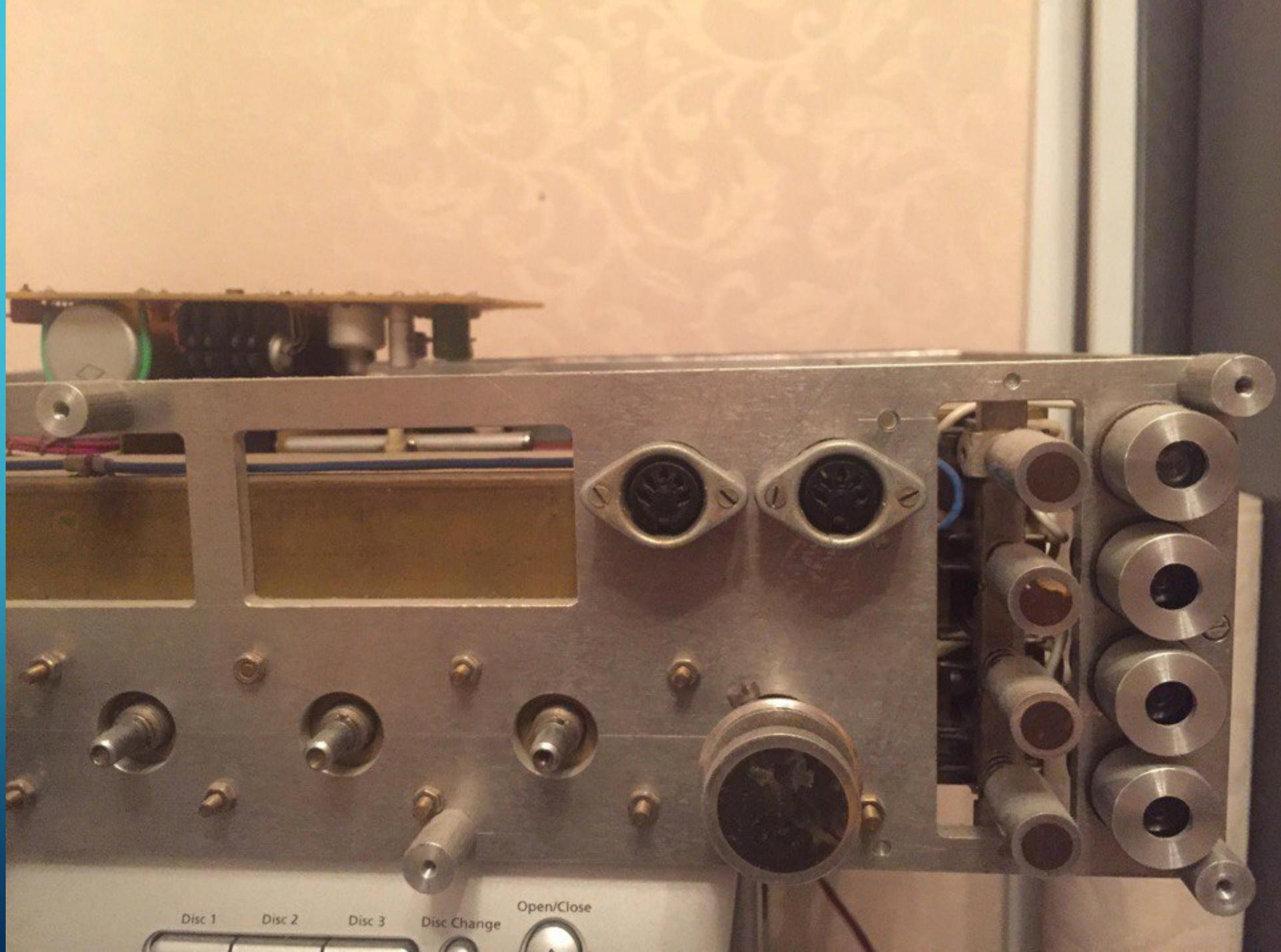


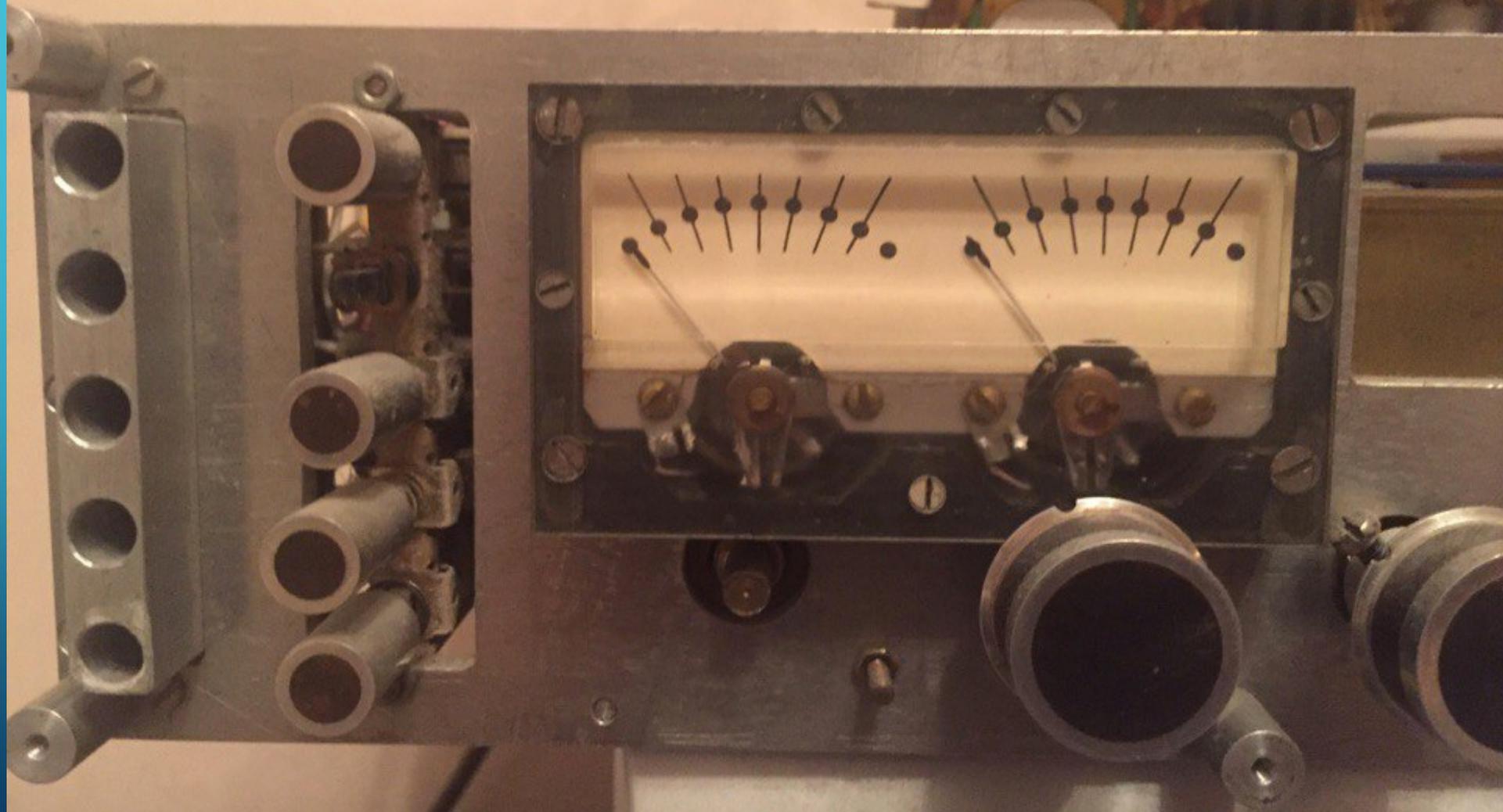
Оба изображения должны быть одного размера  
Желательно – 300dpi

ПР



Правильная технология – залог удобства отладки, изготовления и ремонта!





SAMSUNG

