

# «Разработка вычислительных систем» (РВС)

для образовательной программы 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

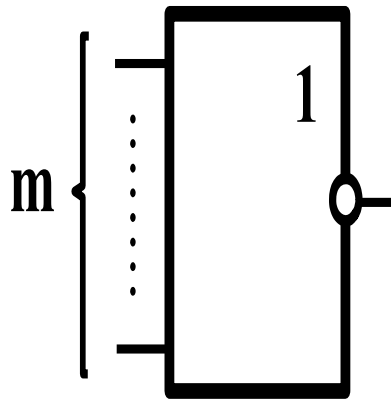
Лекция 6

Лектор

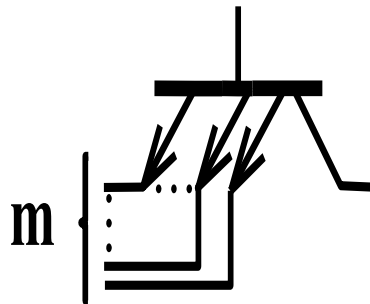
Трубочкина Надежда Константиновна,  
д.т.н., профессор, [ntrubochkina@hse.ru](mailto:ntrubochkina@hse.ru)

# Технические параметры логических элементов ЭВМ

## Коэффициент объединения по входам



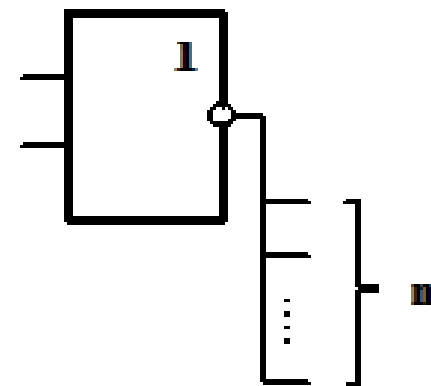
Коэффициентом объединения по входам ( $m$ ) называется **максимальное количество входов логического элемента**, при котором элемент остается работоспособным.



Обычно для транзисторной схемотехники  $m=6-8$ . Количество входов ограничено токами утечки, т.к. их большое количество может привести к нарушению работоспособности элемента, а также снижению его быстродействия за счет увеличения входной паразитной емкости.

# Нагрузочная способность

*Нагрузочной способностью* или *коэффициентом объединения по выходу* ( $n$ ), называется максимальное количество подобных схем, которые можно подключить к выходу элемента без изменения его работоспособности.



$$n = \min(I_{\text{ВЫХ}}^0 / I_{\text{ВХ}}^0, I_{\text{ВЫХ}}^1 / I_{\text{ВХ}}^1)$$

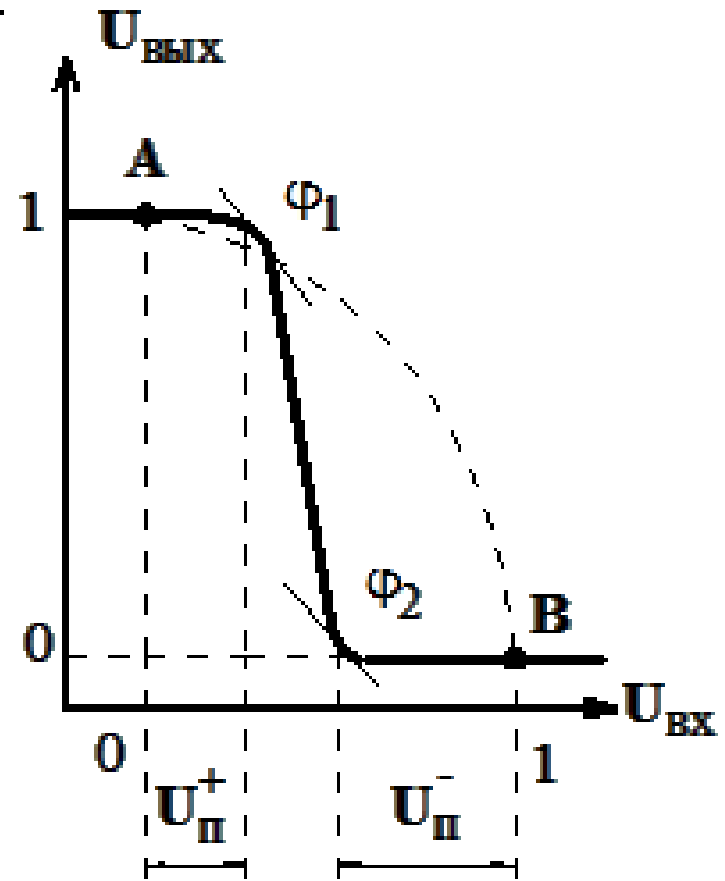
где  $I_{\text{ВЫХ}}^0$ ,  $I_{\text{ВХ}}^0$ ,  $I_{\text{ВЫХ}}^1$ ,  $I_{\text{ВХ}}^1$  — выходные и входные токи элемента в режимах логической единицы и логического нуля.

# Передаточная характеристика

Передаточная характеристика – это зависимость **выходного напряжения от напряжения на входе** элемента.

А, В – рабочие точки, соответствующие двум статическим состояниям.

$\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  – точки изменения состояния, в которых производная по модулю равна 1.



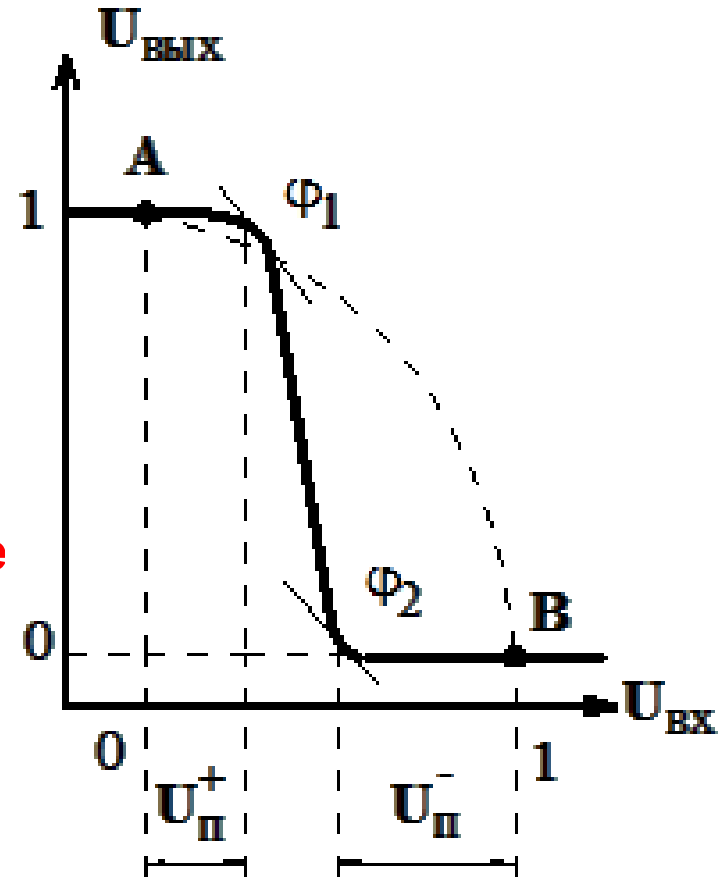
# Запасы помехоустойчивости

Запас помехоустойчивости по положительной помехе – это **допустимое превышение напряжения логического нуля**, при котором не происходит нарушения логики работы схемы:

$$U_{\text{п}}^{+} = U_{\varphi_1} - U_{\text{А}}$$

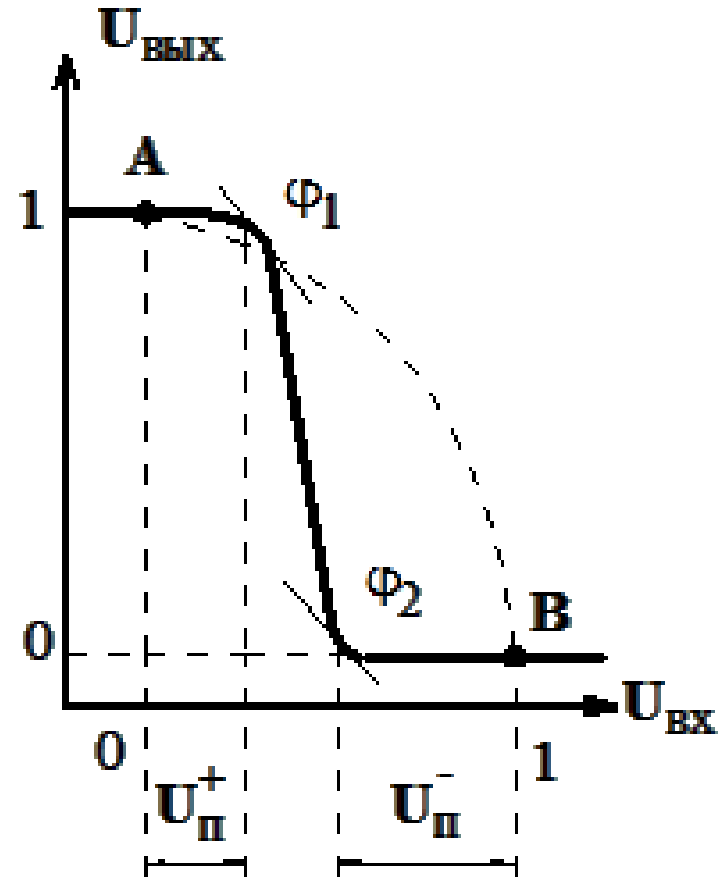
Запас помехоустойчивости по отрицательной помехе – это **допустимое уменьшение напряжения логической единицы на входе**, при котором не происходит нарушения логики работы схемы:

$$U_{\text{п}}^{-} = U_{\text{В}} - U_{\varphi_2}$$



## По передаточной характеристике определяются:

- напряжение логической единицы  $U^1$ ,
- напряжение логического нуля  $U^0$ ,
- логический перепад  $U_{\text{л}} = |U^1 - U^0|$ .



## Потребляемая мощность

$$P=0,5*(P^0+P^1)= 0,5*E*(I^0+I^1)$$

$P^0$  – мощность, потребляемая схемой, когда на ее выходе напряжение логического нуля;

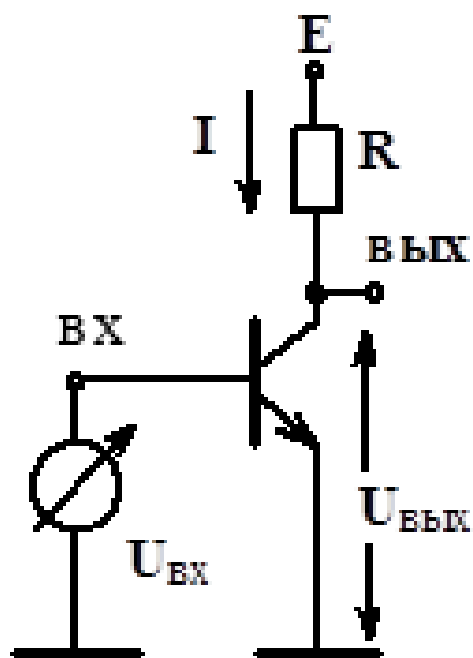
$P^1$  – мощность, которую потребляет схема, на выходе которой напряжение логической единицы;

$E$  - напряжение питания;

$I^0$  – суммарный ток от цепи питания, когда на выходе напряжение логического нуля;

$I^1$  – суммарный ток от цепи питания, когда на выходе напряжение логической единицы.

## Статическая мощность биполярного инвертора



**без нагрузки** определяется по формуле:

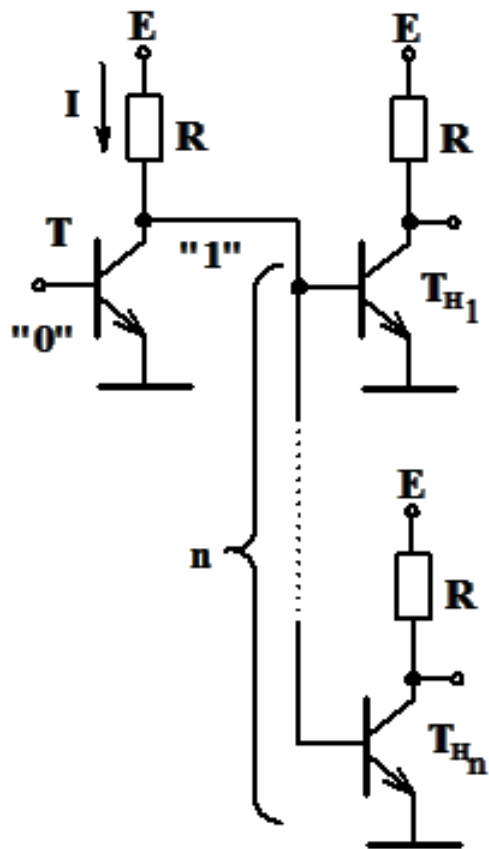
$$P_{n=0} =$$

$$= 0,5E * (I^1 + I^0) =$$

$$= 0,5EI_{\text{кнас}} = 0,5E * (E - U_{\text{кэн}}) / R$$



# Статическая мощность биполярного инвертора с нагрузкой



$$U_{ВХ} = U^0 \quad U_{ВЫХ} = U^1$$

T - закрыт

$$I^1 = n \cdot I_{\text{бнас}} = \frac{n \cdot (E - U_{\text{бэнас}})}{R}$$

$$U_{ВХ} = U^1 \quad U_{ВЫХ} = U^0$$

T - насыщен

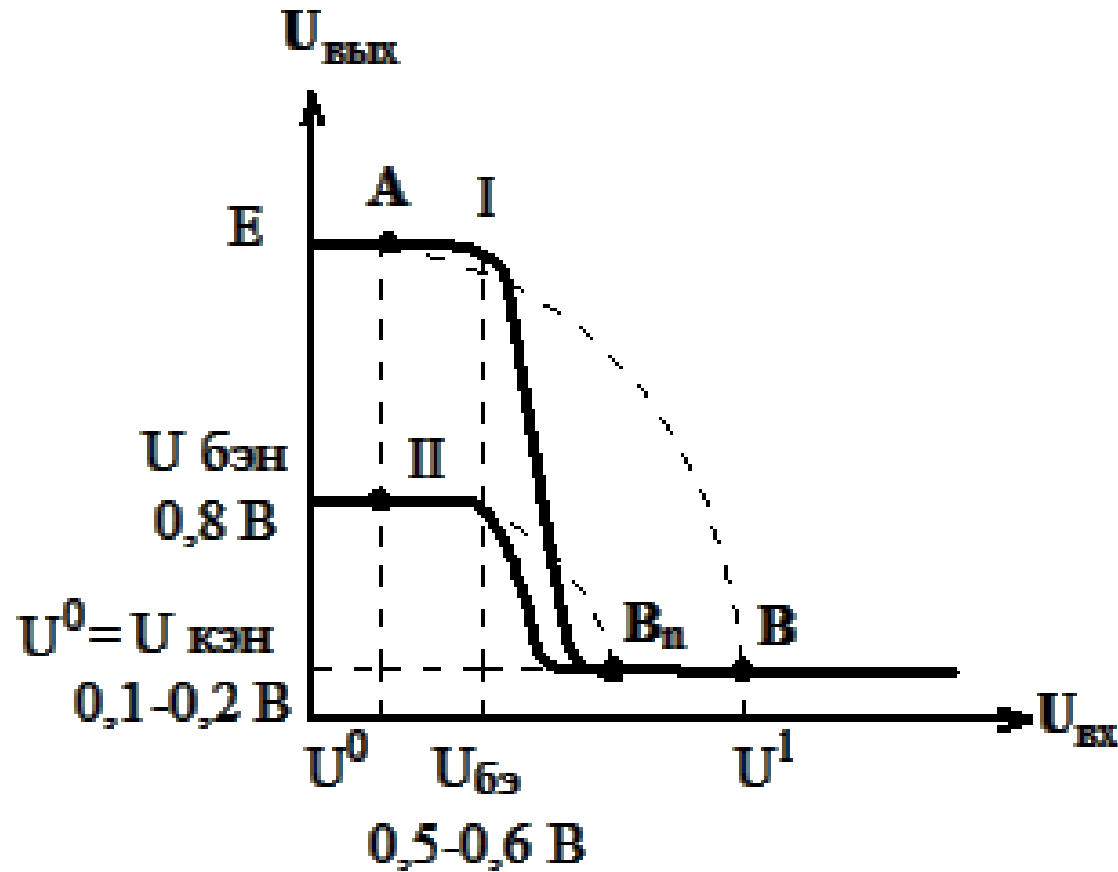
$$I^0 = I_{\text{кнас}} = \frac{(E - U_{\text{кэн}})}{R}$$

$$P = 0,5E \cdot \left[ \frac{(E - U_{\text{кэн}})}{R} + n \cdot \frac{(E - U_{\text{бэнас}})}{R} \right]$$

# При подключении нагрузки

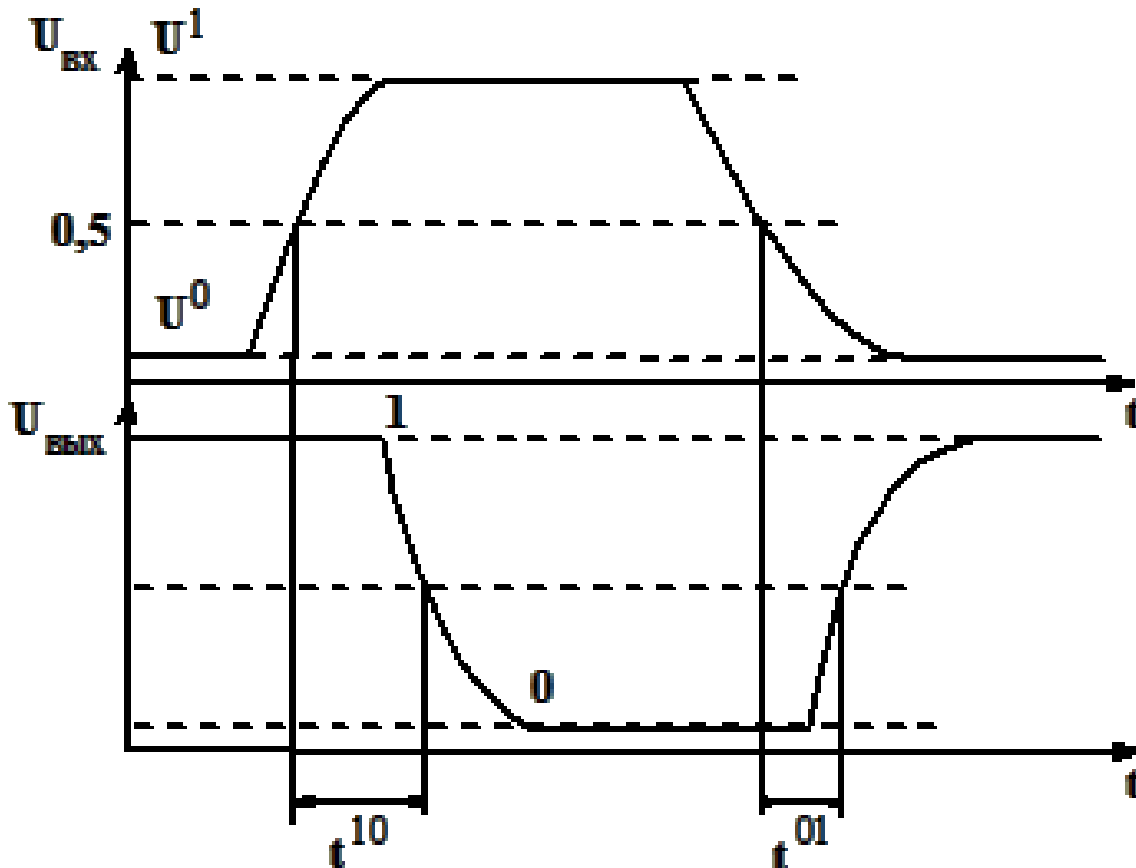
Меняются:

логический перепад  
гистерезис  
устойчивости

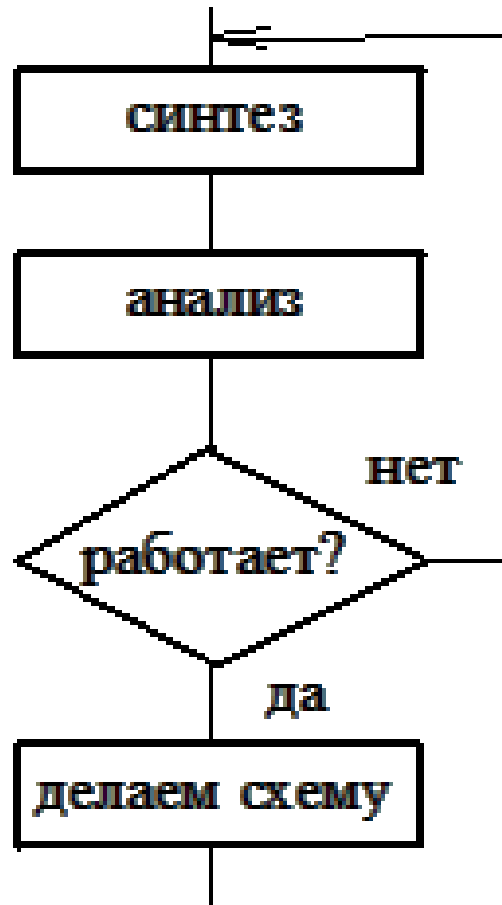


# Динамические параметры логического элемента

$$t_{\text{задержки}} = (t^{01} + t^{10})/2$$



# Алгоритм создания переходного элемента

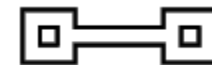
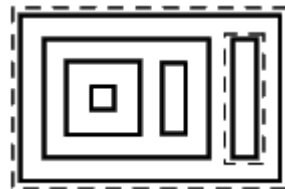
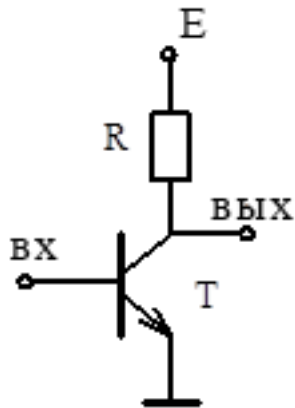


# Пример проектирования интегральной схемы

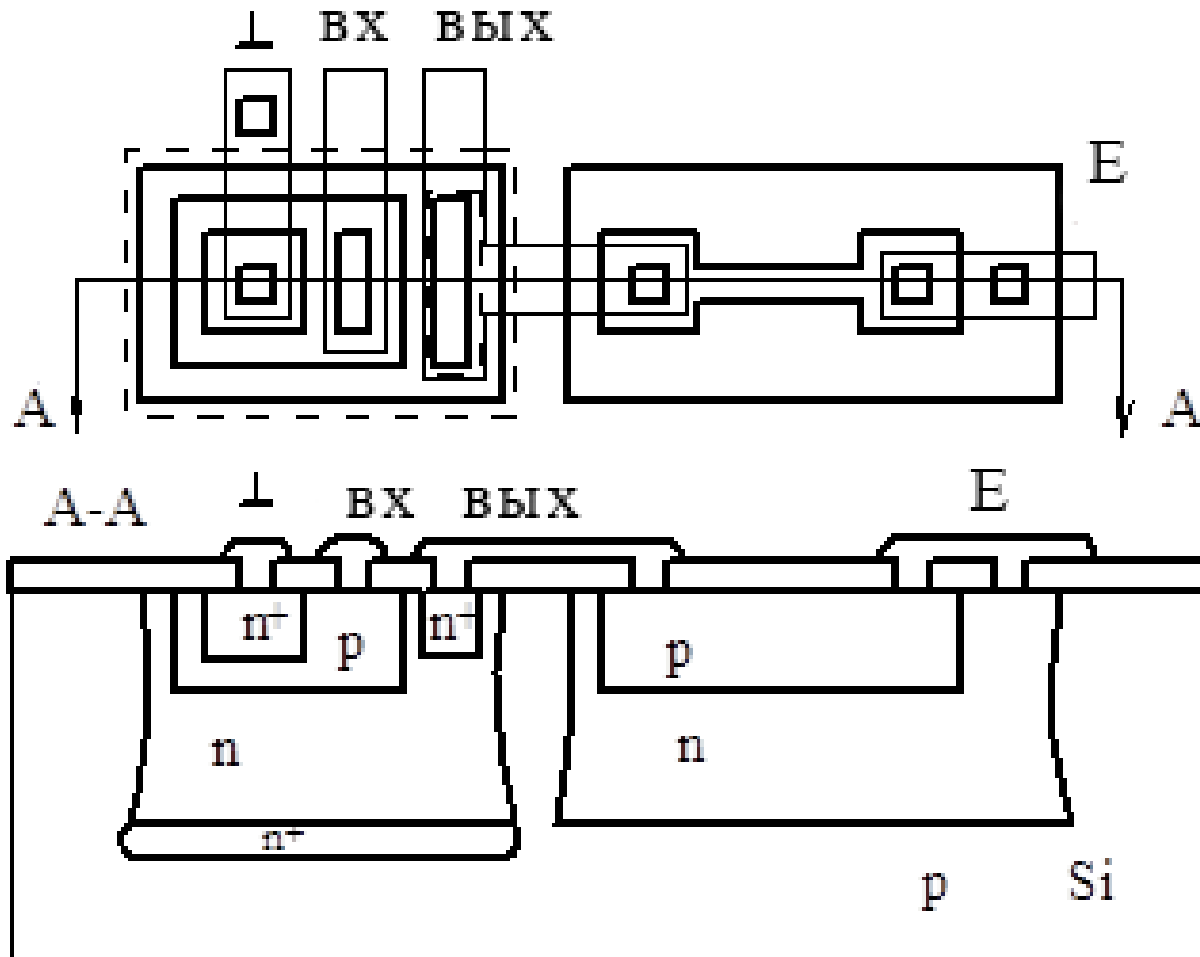
- *Техническое задание:*

Требуется спроектировать интегральную схему (ИС) биполярного инвертора (БИ).

- *Исходные данные:*



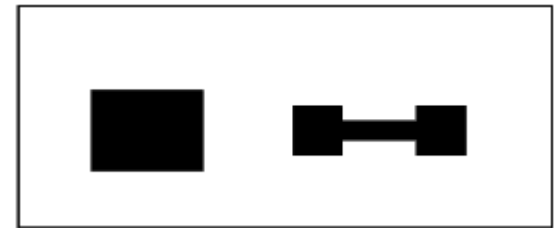
# Топология и структура ИС БИ



На  
реализацию  
инверсии

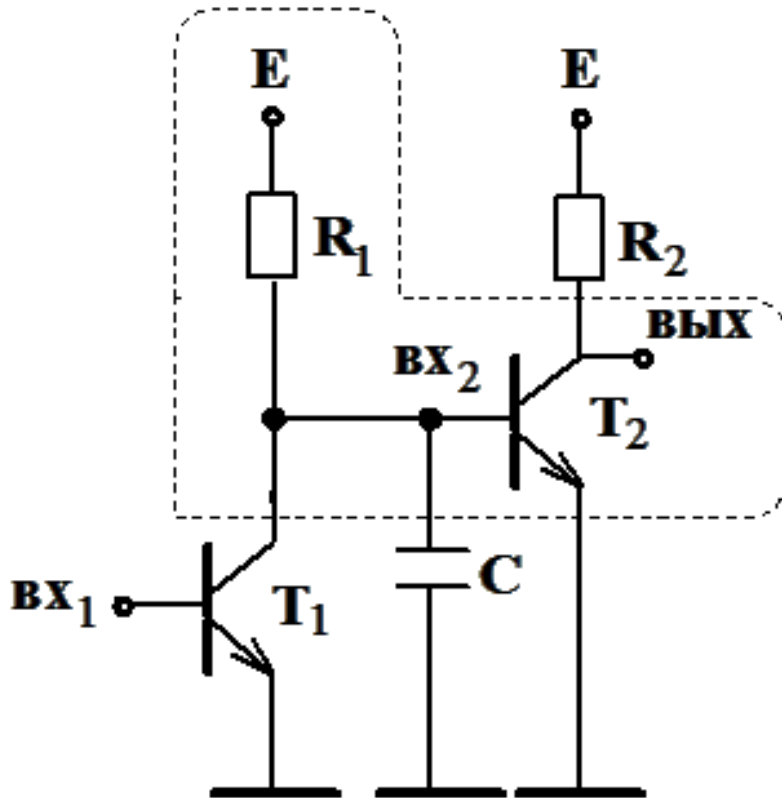
$6(+2)=8$   
областей  
5 соединений

# Технологическая подготовка процесса производства. Маски



# Оптимизация. Инжекционный инвертор. Алгоритм синтеза математической модели

Было  
( $T_1, R_1$ ) и ( $T_2, R_2$ )



А если ( $R_1, T_2$ )

$$U_{ВХ1} = U^1 \quad U_{ВЫХ1=ВХ2} = U^0$$

$T_1$  - насыщен

$$I_{R_1}^0 = \frac{E - U_{кэН}}{R_1}$$

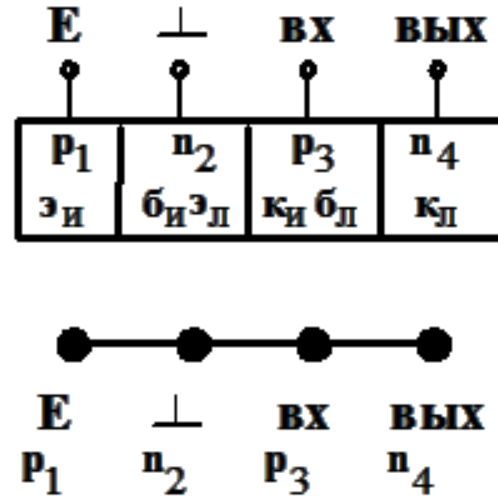
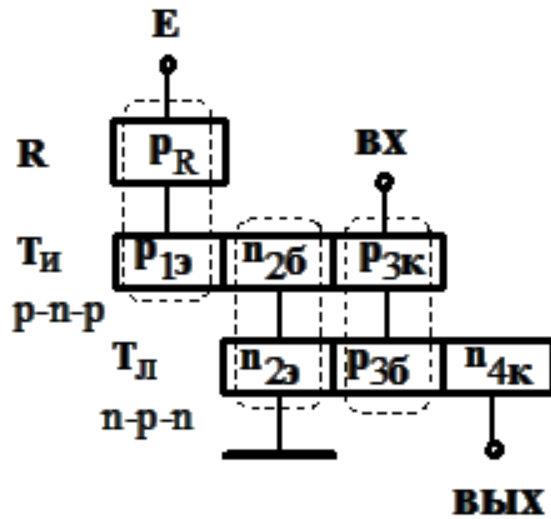
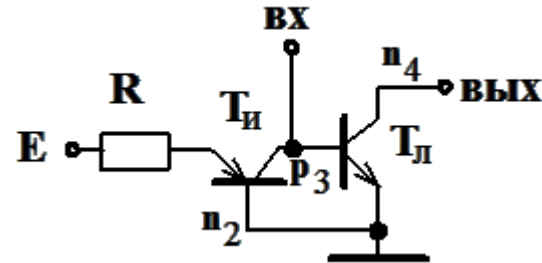
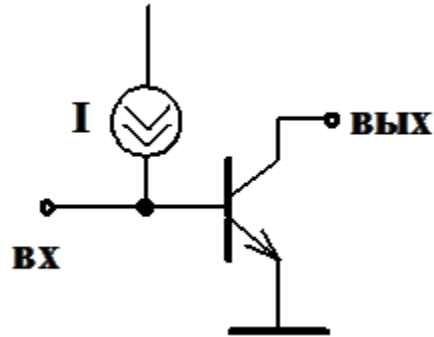
$$U_{ВХ1} = U^0 \quad U_{ВЫХ1=ВХ2} = U^1$$

$T_1$  - закрыт

$$I_{R_1}^1 = \frac{E - U_{бэН}}{R_1}$$



# Токи в обоих режимах практически равны



абстрактная  
мат. модель  
=  
схема пере-  
ходной  
схемотехники

# Принцип функциональной интеграции

- **если области одного типа разных компонентов имеют одинаковый потенциал (функцию), то их можно объединить в одну область.**

Применяя этот принцип к полученной схеме, можно объединить:

- внутреннее сопротивление источника тока  $p_R$  с эмитерной областью инжектирующего транзистора  $p_{1э}$ ,
- базу инжектирующего транзистора  $n_{2б}$  с эмиттером логического транзистора  $n_{2э}$ ,
- коллектор инжектирующего транзистора  $p_{3к}$  с базой логического транзистора  $p_{3б}$ .

# Модели переходных «И» и «ИЛИ»

Схема И  
(конъюнктор)

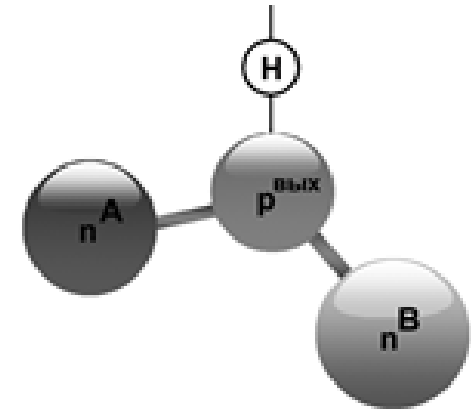
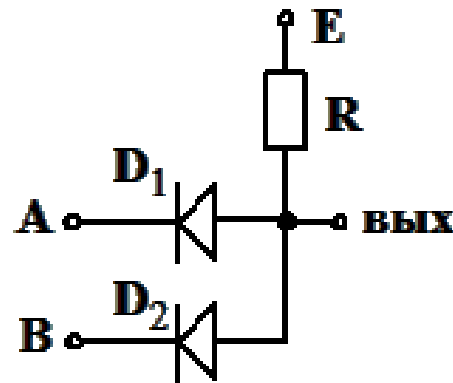
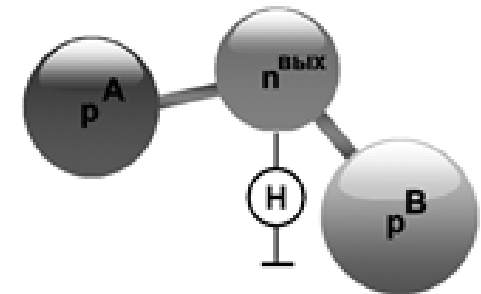
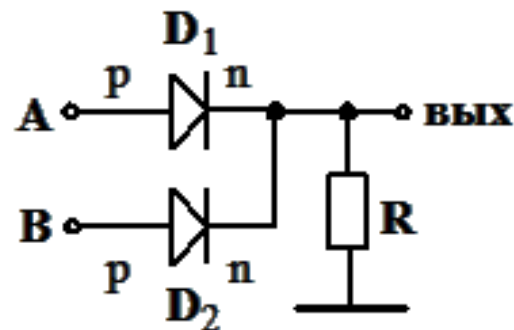
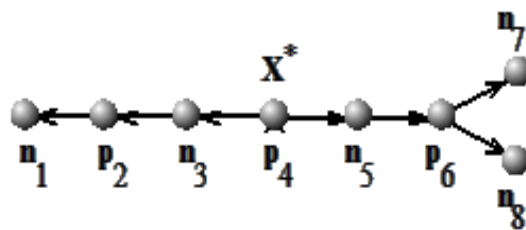


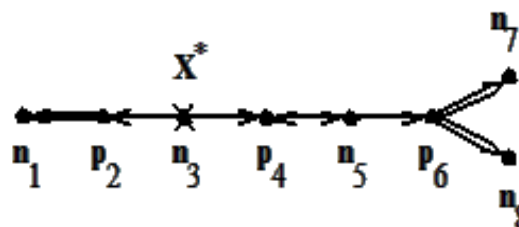
Схема ИЛИ  
(дизъюнктор)



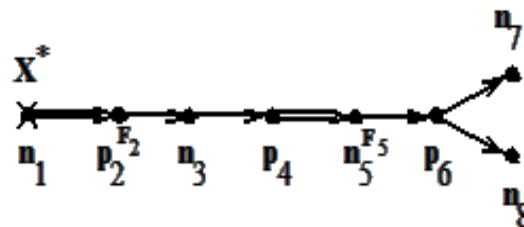
# Структурные формулы – модели переходных элементов в пространстве (1)



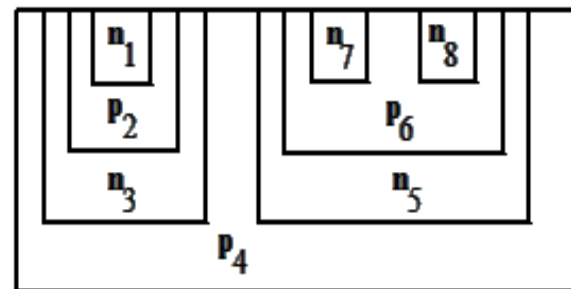
а



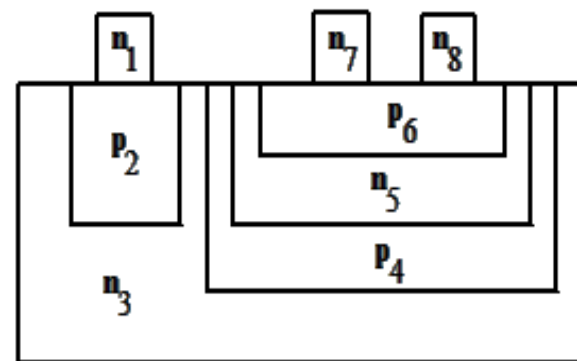
б



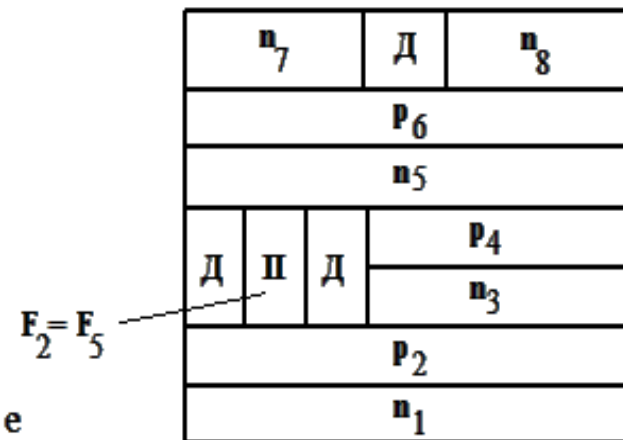
в



г

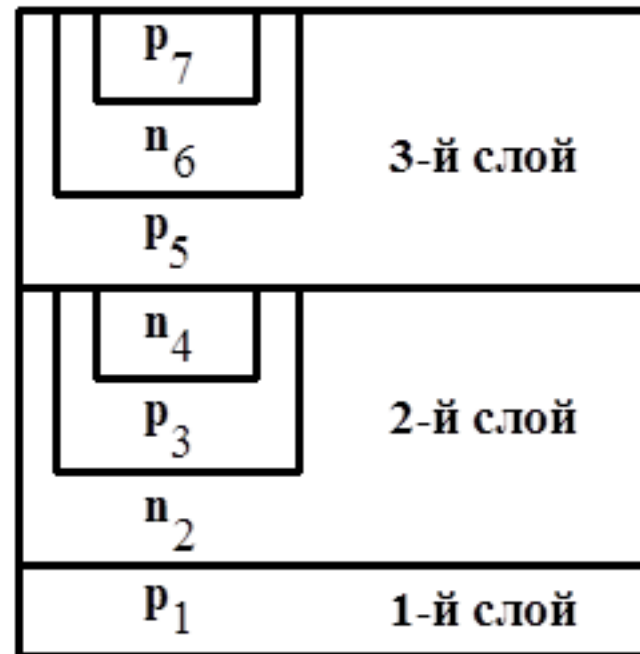
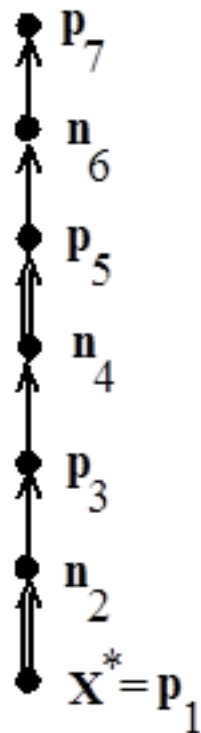
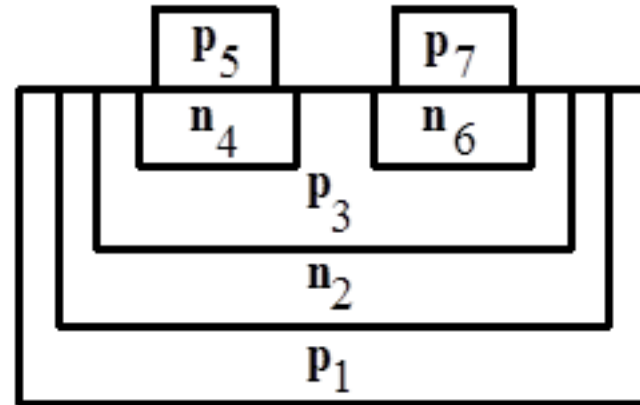
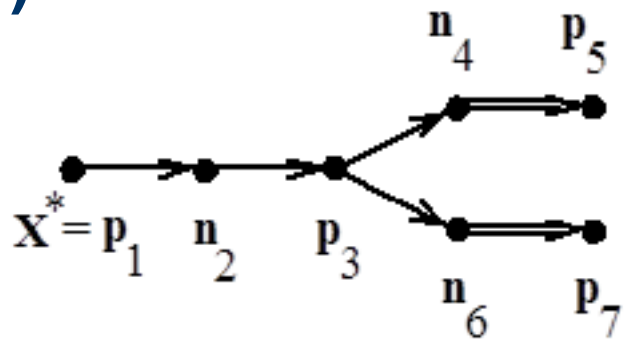


д



е

(2)



(3)

