

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Кафедра «Проектирование и технологии производства
электронной аппаратуры» (ИУ4)

Методики контроля статических параметров полевых транзисторов

Студент: Леонидов В.В.

Руководитель: к.т.н., доцент Макаrchук В.В.

Цель работы

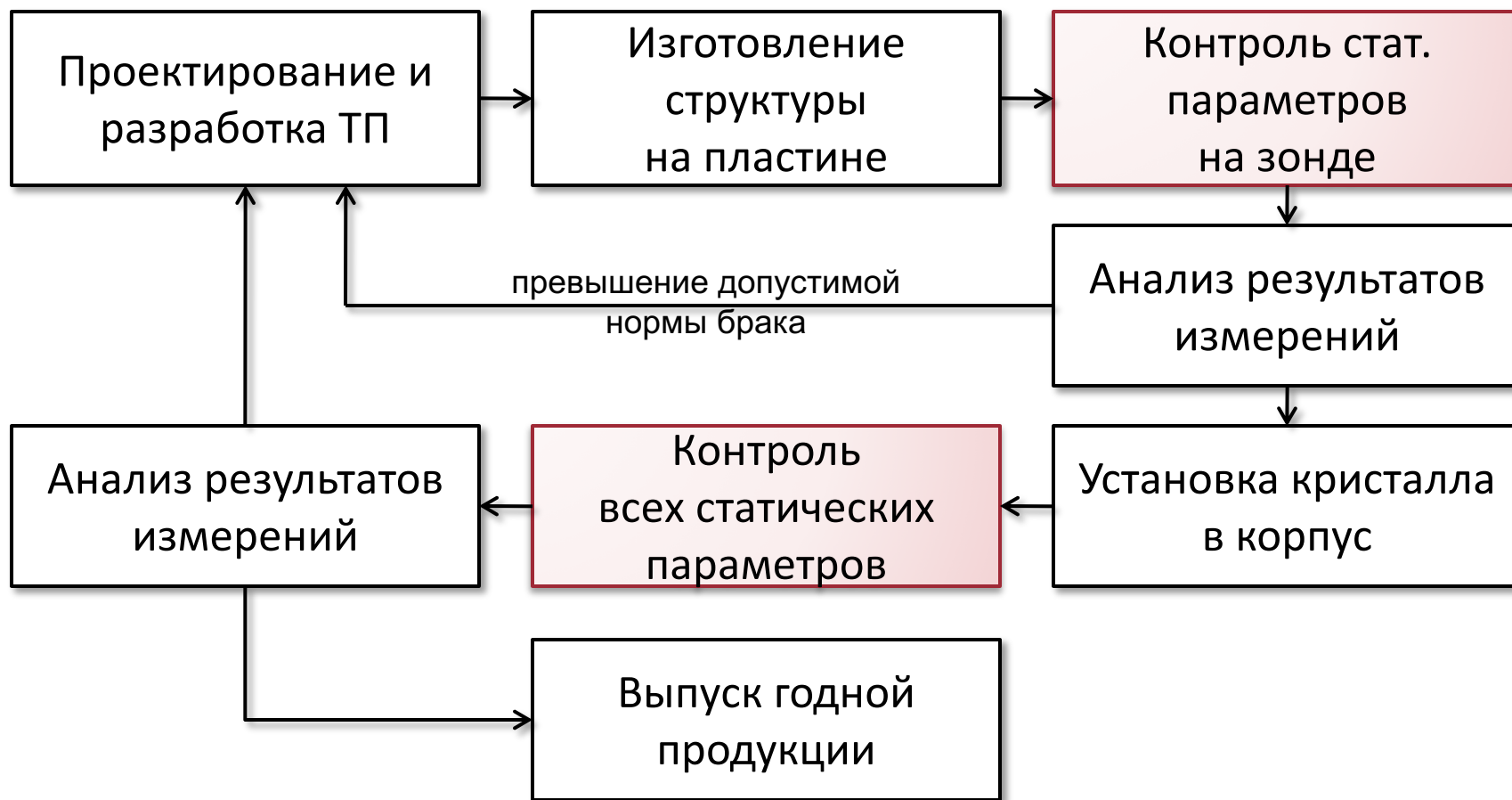
- Разработка измерителя статических параметров полевых транзисторов для автоматизированного контроля продукции, выпускаемой на предприятии.

Задачи

- Изучение методик контроля статических параметров полевых транзисторов;
- Поиск способов реализации изученных схем на практике;
- Разработка ПО для работы измерителя.

Работа выполнена на базе ФГУП НПП «Пульсар».

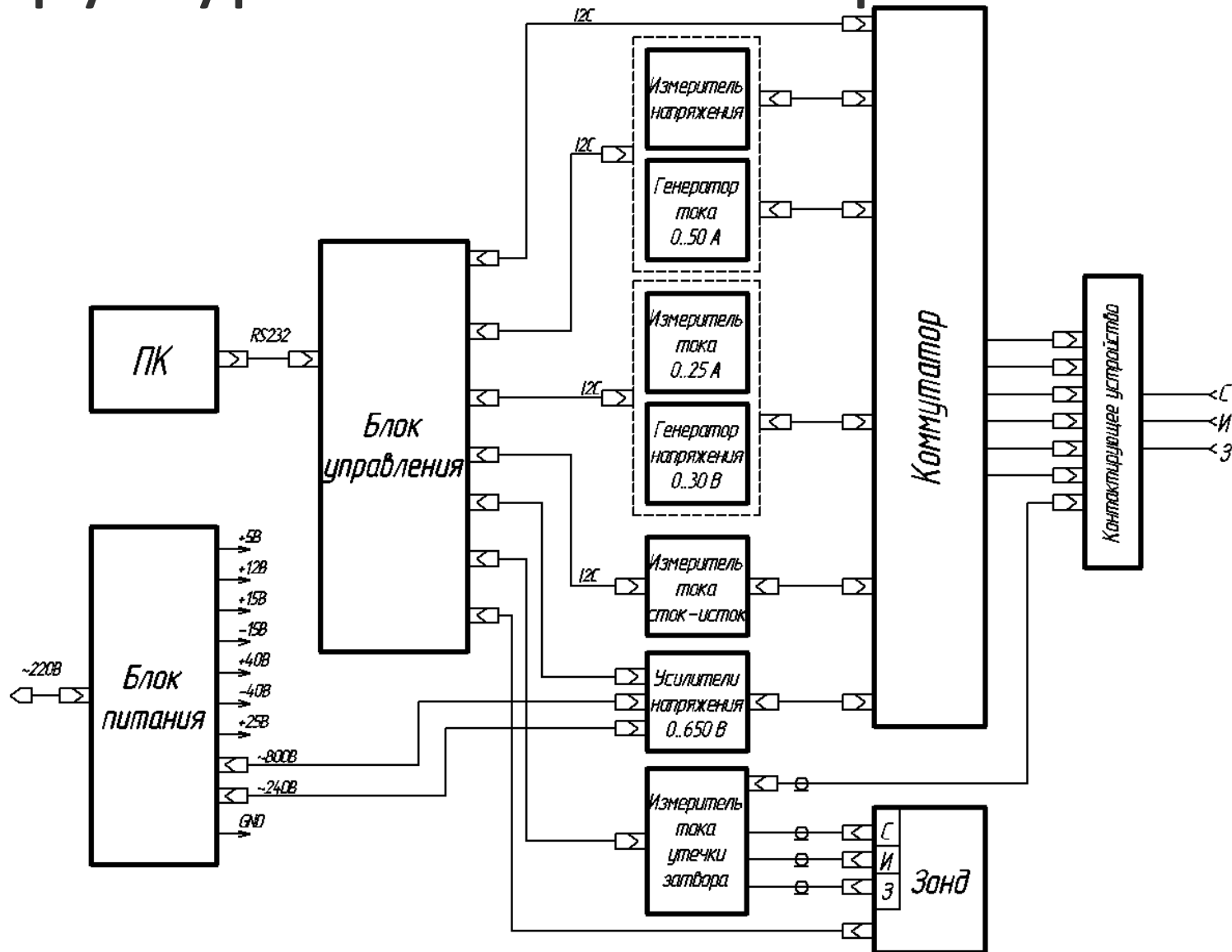
Основные этапы производства полевых транзисторов



Основные статические параметры полевых транзисторов

Стат. параметр	Обозначение	Ед. измерения
Пороговое напряжение	$U_{\text{пор.}}$	[В]
Начальный ток стока	$I_{\text{с. нач.}}$	[А]
Остаточный ток стока	$I_{\text{с. ост.}}$	[А]
Ток утечки затвора	$I_{\text{з. ут.}}$	[А]
Сопротивление сток-исток	$R_{\text{си}}$	[Ом]
Крутизна характеристики	S	[См]
Активная составляющая выходной проводимости	g_{22}	[См]

Структурная схема измерителя



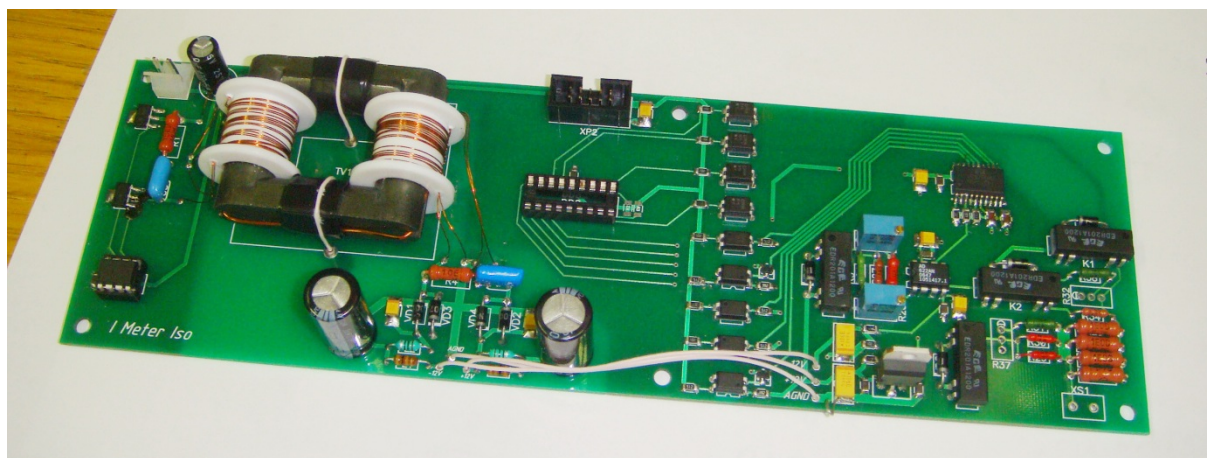
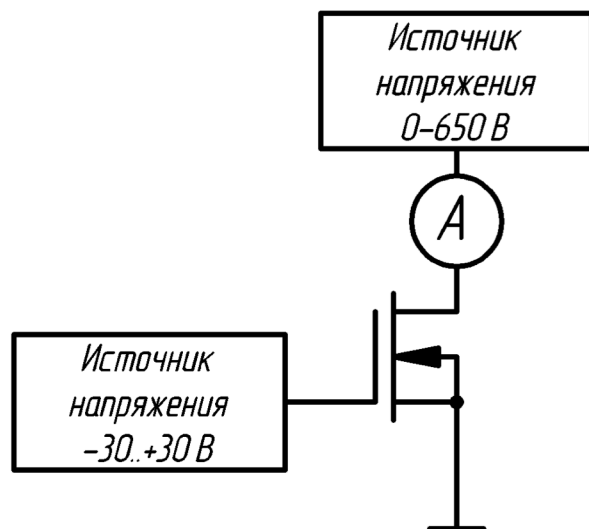
Измерение тока стока

Проблемы:

- Необходимость изолирования измерителя тока

Реализация:

- Развязка напряжений питания: импульсные преобразователи напряжения
- Развязка сигнальных проводников: оптроны



Измерение тока утечки затвора

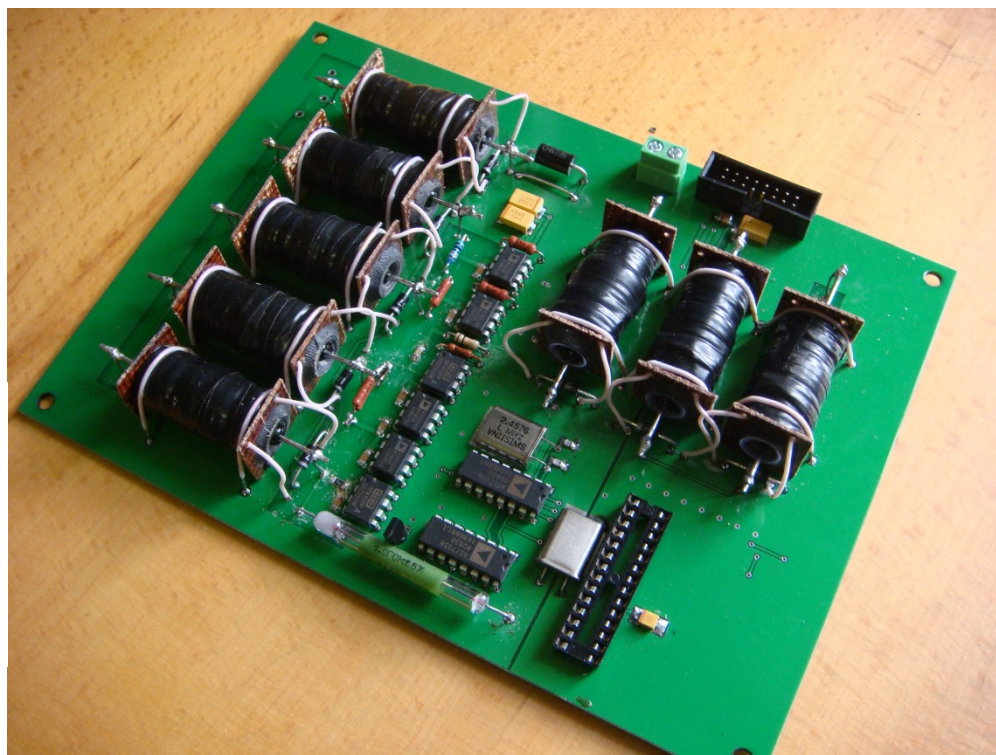
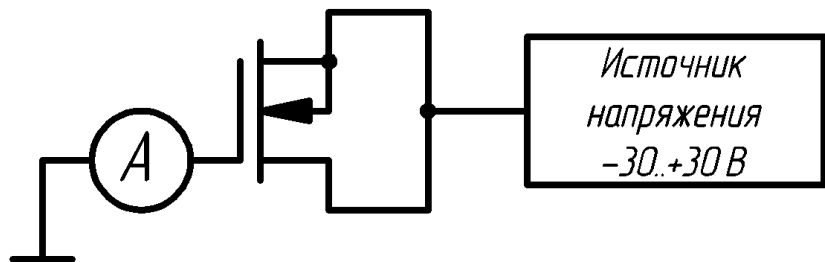
Основные проблемы:

- Токи утечки на печатной плате, сравнимые с измеряемыми (порядка 0.1 нА)
- Наводки от внешних полей
- Сильное влияние влаги на результат измерения

Реализация:

- Герметизация ячейки в корпус
- Экранирование ячейки

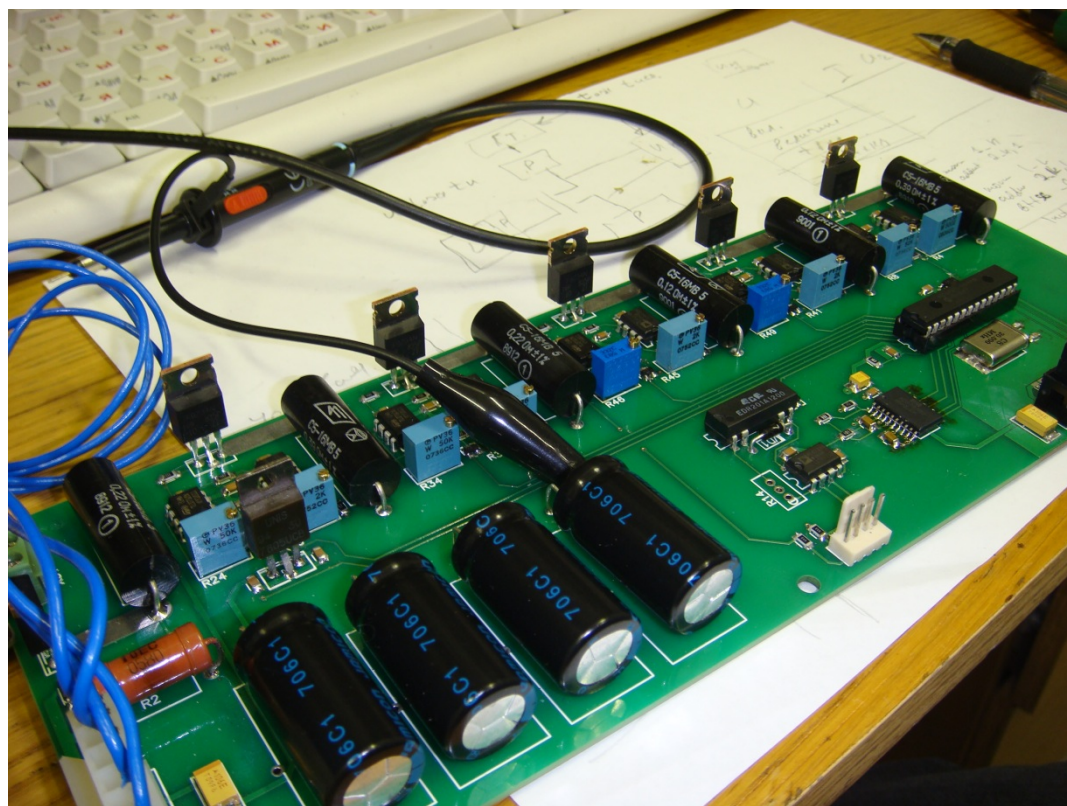
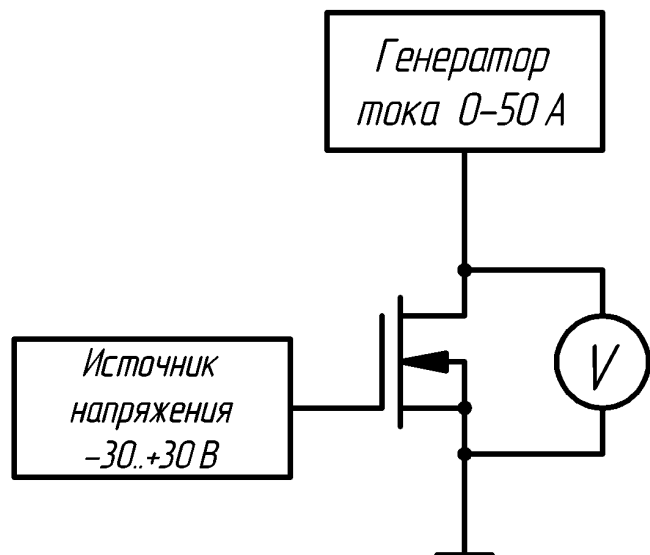
На рис. показана ячейка без корпуса



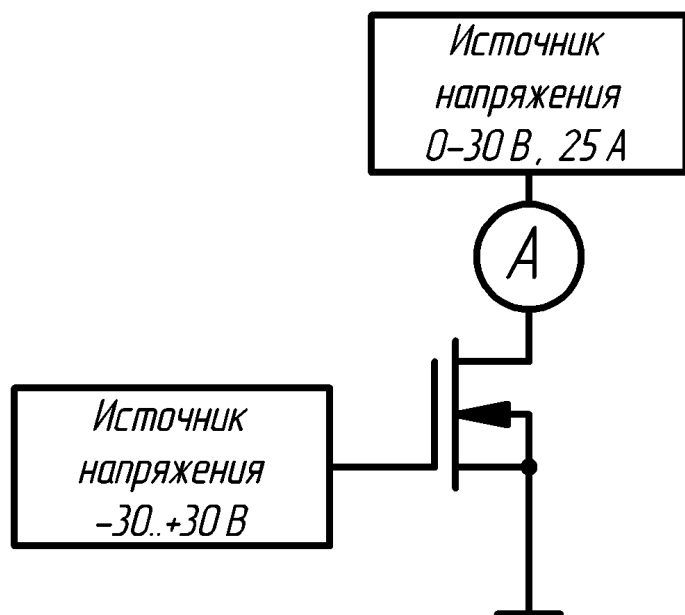
Измерение сопротивления СТОК-ИСТОК

- Сопротивление сток-исток:

$$R_{си} = \frac{U_{си}}{I_c}$$

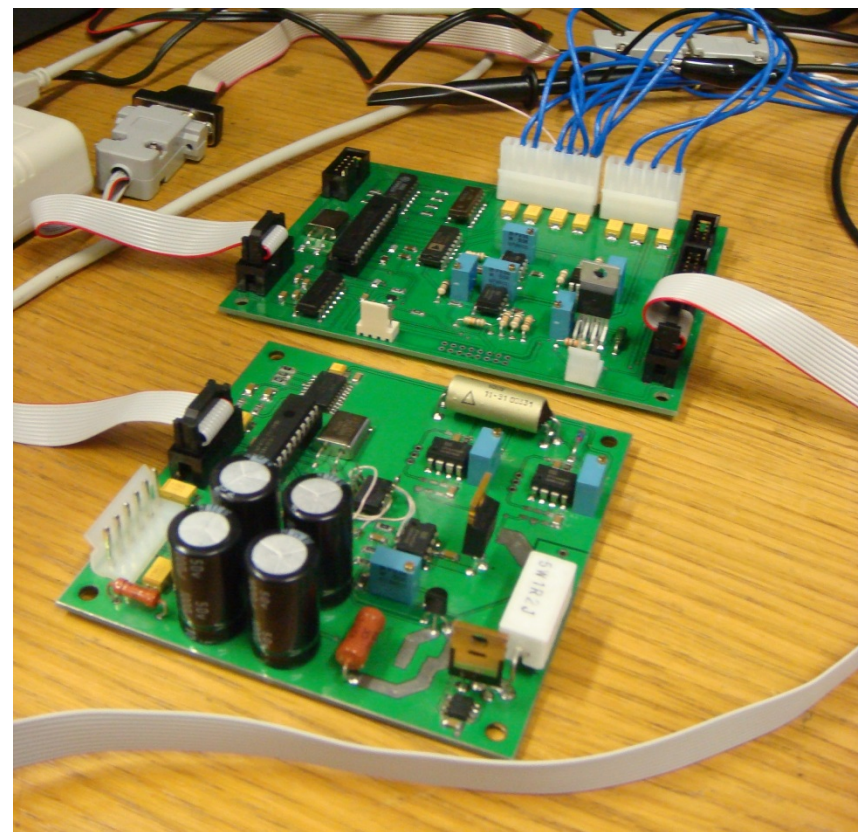


Измерение крутизны характеристики, активной составляющей выходной проводимости, порогового напряжения



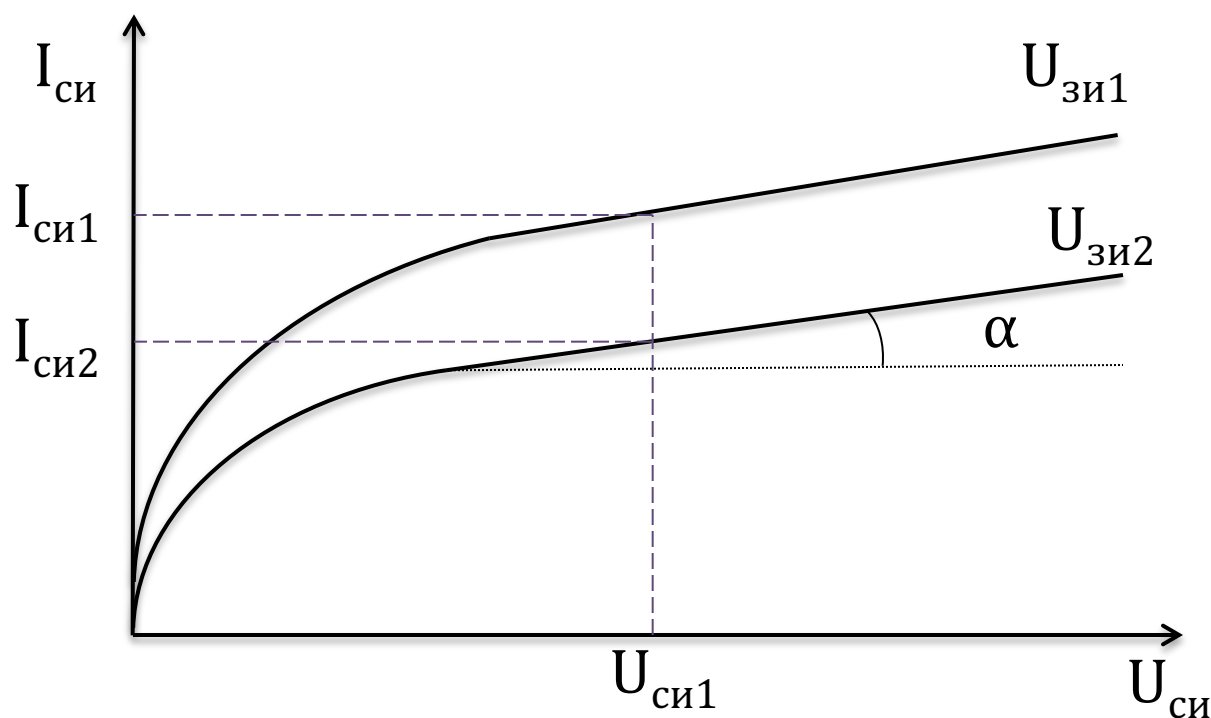
На фото показана реализация данной схемы:

- Блок управления (сверху)
- Генератор напряжения, измеритель тока (снизу)



Выходная характеристика полевого транзистора

Последовательно задавая на n-канальном полевом транзисторе напряжения сток-исток $U_{си}$ и измеряя ток стока I_c как функцию напряжения $U_{си}$, получим семейство выходных характеристик:



Из полученного графика:

- Крутизна характеристики:

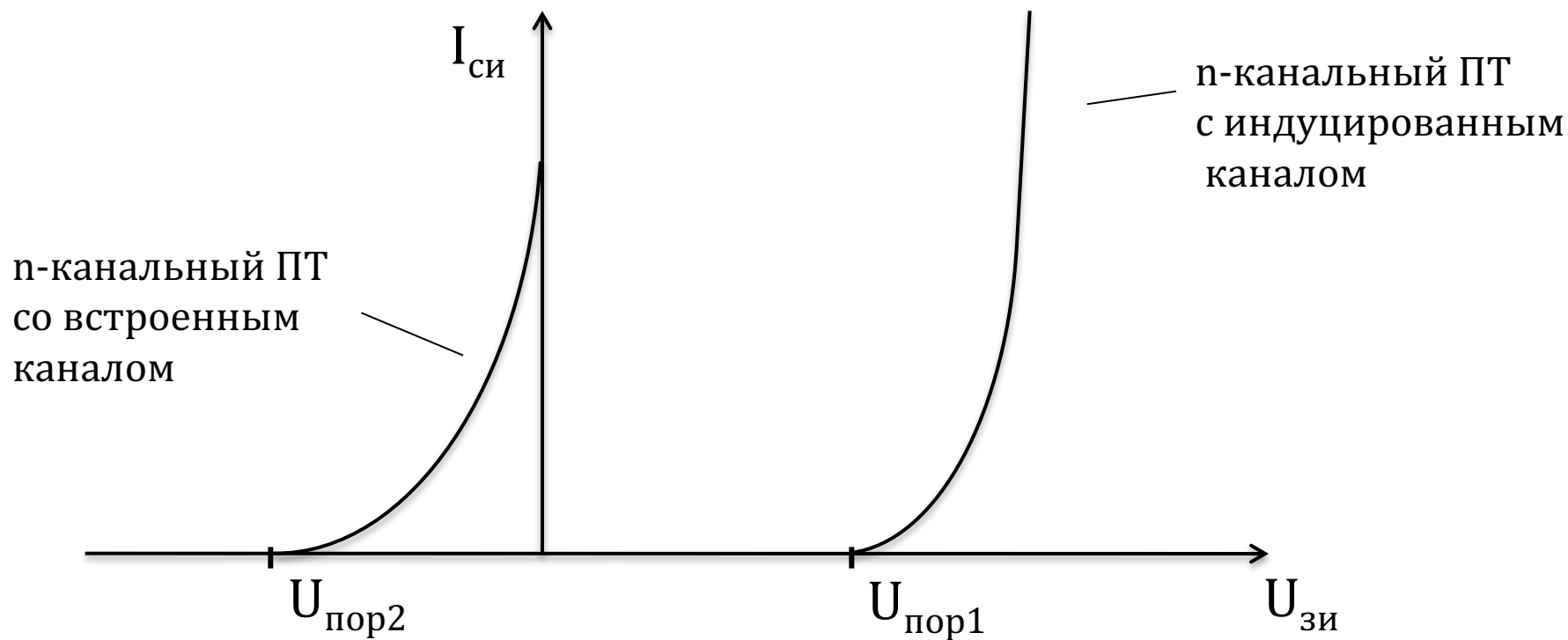
$$S = \frac{\partial I_{си}}{\partial U_{зи}} = \frac{I_{си1} - I_{си2}}{U_{зи1} - U_{зи2}}$$

- Активная составляющая выходной проводимости:

$$g_{22} = \frac{1}{tg \alpha}$$

Измерение порогового напряжения

Методика измерения порогового напряжения заключается в последовательной подаче напряжения на затвор и одновременном измерении тока стока. Напряжение, при котором ток стока превысит значение, заданное в нормах измерений, будет пороговым.



Пользовательское ПО

Временные параметры измерений

Статистика

Нормы и режимы измерений

Результаты измерений

БРАК

Параметр	Значение	Единица
Контакт	ОК	
Rси	0.51	Ом
Iс. нач.	1.31	мкА
Iс. ост.	105.2	мкА
Uпор.	0	В
Iз. ут.	0	нА
S	0	мСм
g22	0	мСм
Удиода	0	В

Параметр	Значение	Единица
Контакт	0 шт.	
Rс-и	1 шт.	
Iс. нач.	0 шт.	
Iс. ост.	1 шт.	
Uпор.	0 шт.	
Iз. ут.	0 шт.	
S	0 шт.	
g22	0 шт.	
Удиода	0 шт.	

Параметр	Значение	Единица
Rси	0.050 ± 0.010	Ом
Iс.н.	1.00 ± 0.50	мкА
Iс.о.	10.00 ± 1.00	мА

Выводы

- Исследованы методики контроля статических параметров полевых транзисторов;
- Рассмотрены основные проблемы, возникающие при проектировании измерительных устройств;
- Разработана структурная схема измерителя;
- Разработана аппаратная и программная часть измерителя.

Апробация

- Результаты работы представлены в статье «Методики контроля статических параметров полевых транзисторов».

Перспективы

- Разработанный измеритель планируется внести в официальный перечень измерительных приборов РФ.