

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Высшая школа управления и инноваций



УТВЕРЖДАЮ
и.о.декана
/В.В.Печковская /
«12» февраля 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

БАКАЛАВРИАТ

27.03.05 "ИННОВАТИКА"

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Советом факультета

(протокол № 2, 12 февраля 2019 г.)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 27.03.05 «Инноватика» , 27.04.05 "Инноватика" (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение 2016, 2017, 2018, 2019.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

2. Дисциплина «Микроэлектроника» относится к Вариативной части Профессионального цикла дисциплин по выбору программы бакалавриата, 4 год обучения

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:
освоение дисциплин: «Физика», «Электротехника и электроника», «Автоматика и телемеханика».

4. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины (модуля):

УК-1.Б Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации.

УК-5.Б Способность в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях, объектах изучения и методах естествознания.

УК-13.Б Способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии в академической и профессиональной сферах.

ОПК-3.Б Способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.

ОПК-4.Б Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

ОПК-7.Б Способностью обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

В результате изучения данной дисциплины обучающийся должен:

• **Знать:**

- основные типы операционных усилителей, их характеристики и параметры;
- базовые элементы аналоговых устройств на ОУ;
- методы расчета электронных цепей с использованием операционных усилителей;
- физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия устройств аналоговой электронной техники.

• **Уметь:**

- проводить анализ и расчет линейных схем с использованием операционных усилителей, а также анализ и расчет цепей с нелинейными элементами;
- использовать методы автоматизации схемотехнического проектирования электронных устройств на ОУ;
- обоснованно выбирать элементы схем электронных функциональных устройств;

• **Владеть:**

- методами анализа статических и переходных режимов схем с операционными усилителями;
- приемами расчета (проектирования) базовых электронных схем аналоговых функциональных преобразователей;
- навыками практической работы с современными аппаратными средствами исследования электронных систем;
- методами экспериментального исследования характеристик аналоговых электронных устройств.

5. Формат обучения: очный.

6. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, в том числе 36 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 72 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

7. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) виды контактной работы, часы			
		Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Всего	
Тема 1 Микроэлектроника. Элементарная база.	30	4	6	10	20
Полупроводники. Физические и химические основы. Диэлектрики. Туннельные диоды					
Тема 2 Транзисторы	30	4	6	10	20
Биполярные транзисторы. Определения. Режимы работы Полевые транзисторы. Шумовые характеристики транзисторов.					
Тема 3 фотоэлектрические элементы	24	2	6	8	16
Фоторезисторы Фотодиоды .Оптроны					
Тема 4 интегральные схемы. Пленочные и гибридные интегральные схемы	18	2	4	6	12
Текущий контроль успеваемости	6		2	2	4
Промежуточная аттестация - экзамен					
ИТОГО	72	12	24	36	72

8. **Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Темы рефератов

1. Формирователь синхронных разнополярных импульсов с запуском от синхроимпульса.
2. Формирователь импульсов, управляемый внешним сигналом пилообразной формы.
3. Формирователь серии импульсов в ответ на запускающий синхроимпульс.
4. Генератор прямоугольных импульсов, синхронизованный входным синусоидальным напряжением.
5. Формирователь пачки импульсов следующих в каждый 10-ый период входного синусоидального напряжения.
6. Формирователь двух импульсных последовательностей, следующих через регулируемый интервал времени.

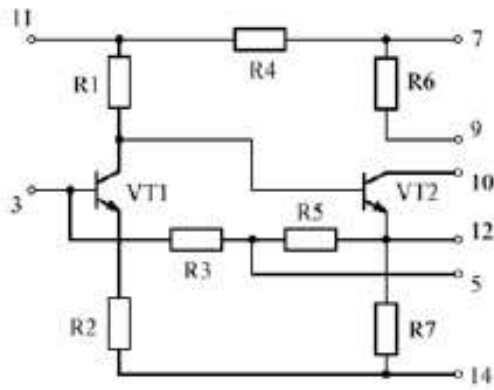
Вопросы к контрольной работе

1. Методы получения тонких проводящих пленок в технологии изделий микроэлектроники.
2. История открытия и исследования сверхпроводимости, применение сверхпроводников.
3. Высокотемпературные сверхпроводники и перспективы их применения.
4. История изучения полупроводниковых материалов.
5. Методы выращивания монокристаллов.
6. Понятие об эпитаксии, методы получения эпитаксиальных пленок.
7. Эффект Холла и его использование для изучения свойств материалов.
8. Эффект Ганна и приборы на его основе.
9. Аморфные полупроводники и приборы на их основе.
10. Органические полупроводники и возможности их применения в электронной технике.
11. Широкозонные полупроводники и приборы на их основе.
12. Понятие о гетеропереходах. Создание гетеропереходов и их применение в приборах.
13. Материалы для преобразования световой энергии в электрическую.
14. Твердые растворы на основе полупроводниковых соединений A₃B₅ и их применение.
15. Свойства и применение полупроводниковых соединений A₂B₆.
16. Материалы для оптоэлектроники.
17. Пористый кремний: получение и применение.
18. Материалы для полупроводниковых лазеров
19. Квантовые ямы, нити и точки: что это такое?
20. Полимерные диэлектрики для новых приборов электронной техники.
21. Ситаллы и их применение в изделиях электронной техники.
22. Стекло как активная среда для генерации лазерного излучения.
23. Углеродные нанотрубки: свойства, получение и применение в электронных приборах.
24. Жидкие кристаллы и их применение в системах отображения информации.
25. Материалы для акустоэлектрических приборов.
26. Материалы для волоконно-оптических линий связи.
27. Пьезоэлектрическая керамика и ее применение.
28. Материалы для магнитоэлектроники.

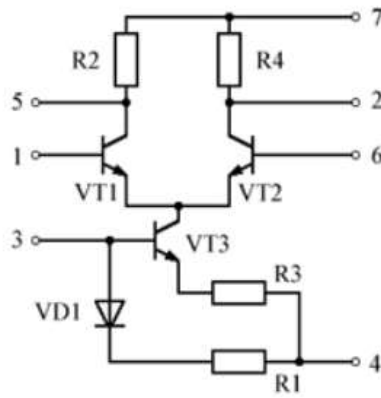
Пример задания к контрольной работе

Разработайте конструкцию полупроводниковой ИМС.

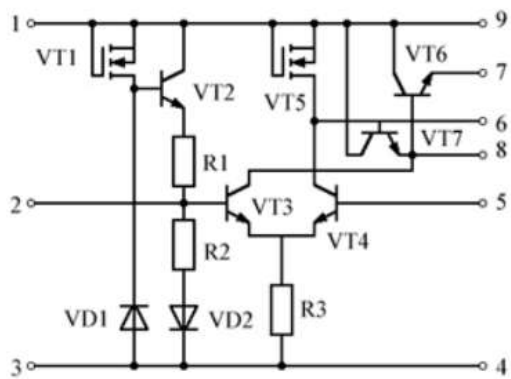
Вариант 1. Усилитель



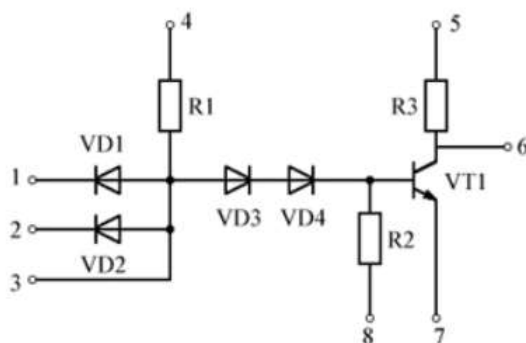
Вариант 2. Дифференциальный усилитель



Вариант 3. Вторичный источник питания



Вариант 4. Логический элемент



Примеры задач к практическим занятиям

Задача 1.

Диффузионный кремниевый транзистор в схеме с общей базой имеет предельную частоту коэффициента передачи тока $f_{h21B} = 25 \text{ МГц}$. Напряжение пробоя коллектора $U_{KBпроб} = 400 \text{ В}$. Обратный ток эмиттера $I_{Э0} = 12 \text{ мкА}$. При токе эмиттера $I_{Э0} = 50 \text{ мА}$ определить:

- ширину базы транзистора;
- статический коэффициент передачи тока эмиттера h_{21B} ;
- граничную частоту коэффициента передачи тока f_{cp} ;
- максимальную частоту генерации, если активное сопротивление базы $R_B = 10 \text{ Ом}$, а барьерная емкость коллектора $C_k = 9 \text{ пФ}$.

Задача 2.

Германиевый р-п-р транзистор имеет при $I_{Э} = 1 \text{ мА}$, $U_K = 5 \text{ В}$ следующие значения внутренних параметров: $R_{Э} = 180 \text{ Ом}$, $R_B = 2200 \text{ Ом}$, $R_K = 0,8 \text{ МОм}$. Удельное сопротивление базы $\rho_B = 40 \text{ Ом*см}$, коэффициент обратной связи по напряжению $\mu_{ЭК} = -2 \cdot 10^{-4}$. Время жизни дырок $\tau_p = 0,1 \text{ мс}$. Определить h -параметры транзистора в схеме с общим эмиттером и граничную частоту коэффициента передачи тока базы.

Задача 3.

По исходным данным варианта задания рассчитать следующие характеристики МДП-транзистора:

- пороговое напряжение $U_{ЗИпор}$, В;
- входную емкость $C_{вх}$, пФ;
- максимальную рабочую частоту f_{max} , Гц;
- начальную проводимость канала $b_0 \text{ См}$;
- семейство выходных вольт-амперных характеристик;
- статические характеристики передачи.

Расчет проиллюстрировать структурной и эквивалентной схемами МДП-транзистора.

Примечание: В вариантах задания приняты обозначения:

- И – индуцированный канал,
- В – встроенный канал.

Лабораторные работы

Предусмотрена процедура защиты лабораторных работ по темам:

Лабораторная №1. Исследование функциональных преобразователей аналоговых сигналов на основе операционных усилителей.

Лабораторная №2. Исследование характеристик и параметров логарифмических и антилогарифмических усилителей.

Лабораторная №3. Автогенераторы гармонических колебаний.

Лабораторная №4. Импульсные устройства на операционном усилителе.

Лабораторная №5 (доп). Генераторы импульсов на таймерах.

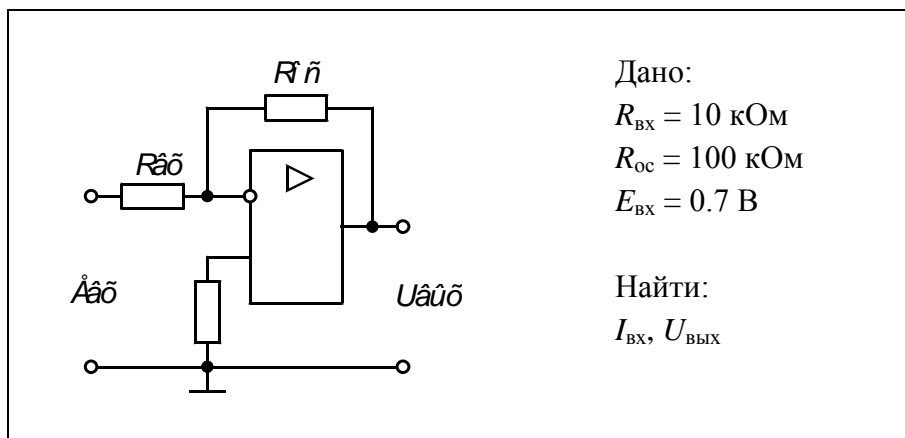
Вопросы и задания к экзамену

1. Понятия радиоэлектроники, физической электроники, микроэлектроники и функциональной электроники.
2. Понятие электронного прибора. Классификация электронных приборов.
3. Принцип работы электронных приборов. Параметры, характеристики, семейства характеристик.
4. Классификация материалов электронной техники. Отличия и особенности свойств.
5. Структура и дефекты материалов. Их влияние на параметры приборов.
6. Элементы зонной теории твердых тел. Характеристика материалов, применяемых в электронике, с точки зрения зонной теории.
7. Физическая природа электропроводности металлов. Температурная зависимость электропроводности металлов.
8. Физическая природа электропроводности полупроводников. Электропроводность собственных полупроводников.
9. Виды примесей в полупроводниковой технике, их влияние на свойства полупроводниковых материалов. Электропроводность примесных полупроводников.
10. Температурная зависимость электропроводности полупроводников.
11. Электропроводность диэлектриков. Температурная зависимость электропроводности диэлектриков.
12. Физические процессы, протекающие при образовании p-n перехода.
13. Физические процессы, протекающие при подаче прямого смещения.
14. Физические процессы, протекающие при подаче обратного смещения.
15. Свойства перехода металл-полупроводник. Диоды Шоттки.
16. Работа полупроводникового диода. ВАХ диода. Емкостные свойства полупроводникового диода. Влияние емкости на частотные свойства диода.
17. Виды полупроводниковых диодов. ВАХ диода. Температурная зависимость ВАХ.
18. Стабилитроны. Принципы стабилизации напряжения.
19. Варикапы. Параметры варикапов. Области применения.
20. Туннельные диоды. Процессы протекающие в туннельном диоде. ВАХ туннельного диода.
21. Биполярные транзисторы. Определения. Режимы работы..
22. Физические процессы в биполярном транзисторе.
23. Классификация биполярных транзисторов. Сплавные транзисторы. Особенности свойств.
24. Классификация биполярных транзисторов. Сплавно-диффузионные и конверсионные транзисторы. Особенности свойств.
25. Классификация биполярных транзисторов. Планарные и планарно-эпитаксиальные транзисторы. Особенности свойств.
26. Полевые транзисторы с p-n переходом. Планарно-эпитаксиальный полевой транзистор с p-n переходом. Особенности свойств.
27. Полевые транзисторы с изолированным затвором и собственным каналом. Особенности свойств.
28. Полевые транзисторы с изолированным затвором и индуцированным каналом. Особенности свойств.
29. Понятия входных и выходных характеристик транзистора. Схемы включения транзисторов.
30. Семейства характеристик транзистора на примере схемы с общим эмиттером.

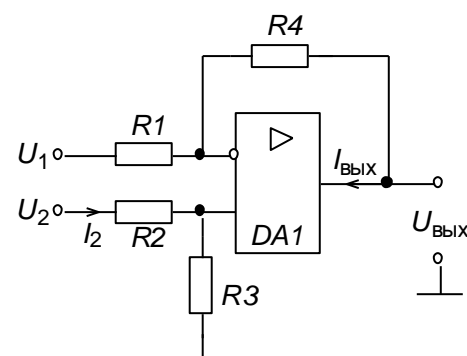
-
31. Эквивалентные схемы замещения транзисторов. Для постоянных и переменных токов.
 32. Понятия первичных и вторичных параметров транзисторов.
 33. Шумовые характеристики транзисторов.
 34. Устройство и принцип работы тиристора. Разновидности тиристорov. ВАХ тиристора.
 35. Определения фотоэлектрических и излучающих приборов. Понятие о внешнем и внутреннем фотоэффекте.
 36. Фоторезисторы. Принципы работы, свойства, материалы.
 37. Фотодиоды. Особенности работы в вентильном режиме.
 38. Фотодиоды. Особенности работы в фотодиодном режиме.
 39. Конструкции фотодиодов. Достоинства и недостатки различных вариантов конструкции.
 40. Фототранзисторы. Принципы работы биполярных фототранзисторов.
 41. Светоизлучающие диоды. Принципы работы.
 42. Оптроны. Достоинства и недостатки.
 43. Основные положения и принципы микроминиатюризации.
 44. Понятия элемента и компонента ИМС. Методы формирования ИМС.
 45. Классификация ИМС. Условное обозначение ИМС
 46. Пленочные и гибридные интегральные схемы. Сравнение свойств с полупроводниковыми.
 47. Принципы формирования пассивных пленочных элементов.
 48. Элементы технологии пленочных ИМС. Толстопленочная технология.
 49. Определение полупроводниковых (п/п) ИМС. Сравнение полупроводниковой и гибридной технологии изготовления ИМС.
 50. Способы организации изоляции элементов полупроводниковых ИМС.
 51. Принцип формирования транзисторов в п/п ИМС. Схема замещения транзистора в п/п ИМС.
 52. Методы формирования пассивных и активных элементов п/п ИМС. Резервирование.
 53. Элементы технологии п/п ИМС. Обобщенная схема тех. процесса п/п ИМС.
 54. Базовые технологические процессы п/п микроэлектроники.
 55. Элементы функциональной электроники (ФЭ). Определение ФЭ. Перечислить известные Вам элементы ФЭ.
 56. Принцип организации устройств на ПАВ. Структура АРК (Акустические радиокомпоненты).
 57. Понятия прямого и обратного пьезоэффекта.
 58. Принцип действия пьезопреобразователей для создания ПАВ.
 59. Принципы распространения акустических волн от ВШП и способы организации направленного распространения.
 60. Эквивалентная схема ВШП. Понятие Электроакустического согласования.
 61. Твердотельные лазеры.
 62. ЛЗ на ПАВ с фиксированной однократной задержкой.
 63. Многоотводные ЛЗ. Дисперсионные ЛЗ.
 64. Фильтры на ПАВ. Аподизация ВШП.
 65. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Принцип действия ПЗС.
 66. Принцип перемещения зарядового пакета в ГОС.
 67. Понятия стоп каналов и Фонового заряда в ПЗС.
 68. Конструкции ПЗС. Организация ввода и вывода информационного пакета в ПЗС.
 69. Принципы организации ФВС на ПЗС.
 70. Пьезоэлектрические трансформаторы.
 71. Организация индикаторных устройств. Виды люминесценции.
 72. Основы работы жидкокристаллических индикаторных устройств.
 73. Принципы организации индикаторных устройств. Газоразрядные индикаторы.
 74. Электровакуумные приборы. Принцип работы электровакуумных приборов.
 75. Перспективы развития микроэлектроники. Туннельная микроскопия.
 76. Методы сборки нанометровых структур.

Примеры задач к экзаменационным билетам

1.



2. Получите уравнение амплитудной характеристики для приведённой схемы. Определите выходной ток операционного усилителя $DA1$, ток нагрузки для источника U_2 , а также напряжения на всех резисторах схемы.



3. Постройте схему неинвертирующего сумматора аналоговых сигналов на два входа с различными весовыми коэффициентами по каждому из входов. Предусмотрите возможность плавной регулировки коэффициента передачи по одному из каналов. Получите выражение для выходного напряжения.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине

РО / Оценка и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания тестовые занятия	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения практические контрольные задания	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, деятельности) отчет по НИР	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Алехин, А.П. Физико-химические свойства микро- и нанoeлектроники: учеб. пособие [Текст] / А. П. Алехин; Моск. физико-техн. ин-т . – М.: МФТИ, 2011 . – 183 с.
2. Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: Учебник – 5-е изд. [Текст] / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Кнорус, 2013. – 800 с.
3. Плотников, Г.С. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники : учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. [Текст] / Г.С. Плотников, В.Б. Зайцев; МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Юрайт, 2017. – 166 с.
4. Смирнов, Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники. Учебное пособие. – 2-е изд. испр. [Текст] / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – М.: Лань, 2013. – 496 с.
5. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс). Учебник. – 2-е изд., стереотип [Текст] / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2016.– 768 с.

Дополнительная литература:

1. Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы: учебное пособие [Текст] / А.А. Барыбин. – М.: Физматлит, 2008. – 426 с.
2. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата [Текст] / О. П. Новожилов. – М.: Юрайт, 2017. – 382 с
3. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2 : учебник для академического бакалавриата [Текст] / О. П. Новожилов. – М.: Юрайт, 2017. – 421 с.
4. Щука, А.А. Электроника в 4 ч. Часть 1 вакуумная и плазменная электроника: учебник для академического бакалавриата [Текст] / А.А. Щука, А.С. Сигов; под ред. А.С. Сигова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 174 с.
5. Щука, А.А. Электроника в 4 ч. Часть 3 квантовая и оптическая электроника : учебник для академического бакалавриата [Текст] / А. А. Щука, А.С. Сигов; отв. ред. А.С. Сигов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 117 с.
6. Щука, А.А. Электроника в 4 ч. Часть 4 функциональная электроника: учебник для академического бакалавриата [Текст] / А.А. Щука, А.С. Сигов; отв. ред. А.С. Сигов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 183 с.

Перечень информационных технологий

Интернет-ресурсы:

1. URL: <http://lib.mexmat.ru> – Электронная библиотека механико-математического факультета
2. URL: <http://n-t.ru> – Электронная библиотека «Наука и техника»

- Описание материально-технического обеспечения.

Для проведения занятий требуется аудитория с маркерной или меловой доской и проекционным оборудованием (компьютер и проектор; компьютер и электронная доска).

9. Язык преподавания. русский

10. Преподаватель (преподаватели)

Смирнов Илья Николаевич, старший преподаватель

11. Автор (авторы) программы

Смирнов Илья Николаевич, старший преподаватель

