

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

И.С. Голубятников, А.М. Лавлинский
alexlavlin@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье представлен детальный анализ ключевых понятий и технологий в области микроэлектроники. Рассмотрены основные компоненты, такие как транзисторы, интегральные схемы и микропроцессоры, а также их значимость в современных электронных устройствах. Описаны основные типы транзисторов — биполярные и МОП-транзисторы, их конструкции и принципы работы. Обсуждается развитие микроэлектроники, начиная с изобретения транзистора в 1947 году, и важность оптимизации микросхем для повышения производительности. Особое внимание уделяется современным вызовам и перспективам российской микроэлектронной отрасли, включая стремление к локализации производства и инновациям. Нанoeлектроника рассматривается как следующая ступень в развитии технологий, обещающая новые возможности. Статья подчеркивает необходимость объединенных усилий государства, науки и промышленности для успешного преодоления текущих вызовов и достижения конкурентоспособности на мировом рынке.

Ключевые слова: микроэлектроника, транзистор, нанoeлектроника, ток, полупроводник, эмиттер, коллектор.

BASIC CONCEPTS OF MICROELECTRONICS

I.S. Golubyatnikov, A.M. Lavlinskiy
alexlavlin@mail.ru

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article presents a detailed analysis of key concepts and technologies in the field of microelectronics. The main components such as transistors, integrated circuits and microprocessors are considered, as well as their importance in modern electronic devices. The main types of transistors — bipolar and MOSFET transistors, their designs and principles of operation are described. The development of microelectronics, starting with the invention of the transistor in 1947, and the importance of optimizing chips to improve performance are discussed. Special attention is paid to the current challenges and prospects of the Russian microelectronics industry, including the desire for localization of production and innovation. Nanoelectronics is considered as the next step in the development of technologies, promising new opportunities. The article emphasizes the need to combine the efforts of the state, science and industry to successfully overcome modern challenges and achieve competitiveness in the global market.

Keywords: microelectronics, transistor, nanoelectronics, current, semiconductor, emitter, collector.

Введение

Одна из самых быстроразвивающихся областей электроники – это микроэлектроника. Эта область науки и техники, занимающаяся разработкой, производством микросхем, играет ключевую роль в цикле производства-хранения-распределения энергии. Применяется в создании электронных компонентов и устройств, работающих на микроскопическом уровне. Технологический прогресс движется с невероятной скоростью в современном мире, микроэлектроника используется повсеместно. Она лежит в основе большинства современных технологий, от компьютеров и смартфонов до автомобилей и медицинского оборудования. За последнее десятилетие в нашем мире произошел большой скачок, что привело к появлению мощных компактных устройств. С каждым годом появляется микропроцессор в разы меньше своего предшественника. «Физики из Великобритании создали самый маленький квантовый детектор света на кремниевом чипе. Его размеры всего 80×220 микронметров» [2]. Основные элементы микроэлектроники, такие как транзисторы, интегральные схемы и микропроцессоры, используются для управления потоками электрического тока и выполнения сложных вычислений.

Понимание основ микроэлектроники важно как для инженеров, так и для всех, кто интересуется современной наукой и технологиями. В данной статье рассмотрим основные понятия микроэлектроники и её особенности.

Развитие микроэлектроники, началось ещё до изобретения транзистора в 1947 году. С его появлением ушли проблемы, которые спровоцированы вакуумной лампой, которая использовалась до этого в схемах. Основной проблемой был медленный прогрев, а также наличие требовательного блока питания <300 вольт постоянного тока. Другая проблема была в том, что у двух одинаковых ламп на выходе были разные рабочие характеристики. Это означало, что для схемы необходимо было использовать дополнительные компоненты. Первые транзисторы не имели какого-то большого преимущества и были намного дороже. Но развитие микроэлектроники стало возможным благодаря изобретению методов производства различных функциональных блоков на основе полупроводниковых кристаллов. Для разных типов микроэлектронных транзисторов были разработаны соответствующие семейства элементов и схем, обеспечивающие их оптимальную работу.

Два основных типа:

1. Биполярный транзистор – трёхэлектродный полупроводниковый прибор, один из типов транзисторов. В полупроводниковой структуре сформированы два р-п-перехода, перенос заряда через которые осуществляется носителями двух полярностей – электронами и дырками. Именно поэтому прибор получил название «биполярный» (от англ. bipolar), в отличие от полевого (униполярного) транзистора [1].

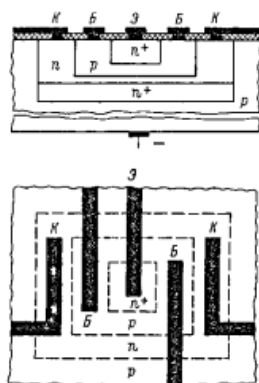


Рисунок 1 – Биполярный транзистор (N-P-N перехода)

2. МОП-транзистор, или Полевой (униполярный) транзистор с изолированным затвором (англ. metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, сокращённо «MOSFET») – полупроводниковый прибор, разновидность полевых транзисторов. Аббревиатура МОП образована от слов «металл-оксид-полупроводник», обозначающих последовательность типов материалов в основной части прибора [1].

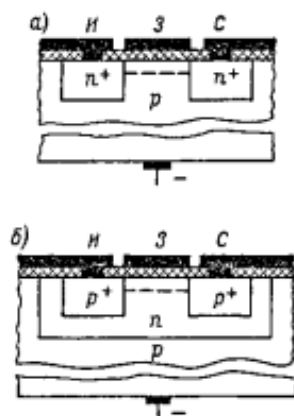


Рисунок 2 – МОП-транзистор

NPN-транзистор: Структура NPN-транзистора состоит из двух слоёв N-типа полупроводника, разделённых тонким слоем Р-типа полупроводника. Это означает, что NPN-транзистор имеет эмиттер и коллектор, состоящие из N-типа, и базу, состоящую из Р-типа. Основные носители заряда — электроны, которые движутся от эмиттера через базу в коллектор.

Работа NPN-транзистора:

1. Принцип работы: для работы NPN-транзистора необходимо приложить положительное напряжение к базе относительно эмиттера. Когда на базе присутствует небольшой ток (I_b), электроны от эмиттера (N-тип) начинают двигаться через базу (Р-тип) к коллектору (N-тип). Это создаёт основной ток между эмиттером и коллектором (I_c), который значительно больше, чем ток базы.

2. Управление током: Ток, протекающий через коллектор, контролируется током базы. Малый базовый ток вызывает значительно больший ток коллектора, что делает NPN-транзистор усилителем тока.

3. Направление тока: В NPN-транзисторе ток основного потока идет от коллектора к эмиттеру, при этом база управляет потоком.

PNP-транзистор: Структура PNP-транзистора состоит из двух слоёв Р-типа полупроводника, разделённых тонким слоем N-типа полупроводника. В PNP-транзисторе эмиттер и коллектор состоят из Р-типа, а база — из N-типа. Основные носители заряда — это дырки (положительно заряженные носители), которые перемещаются от эмиттера через базу в коллектор.

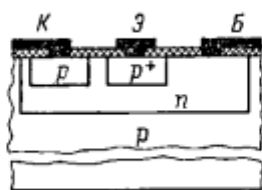


Рисунок 3 – (P-N-P транзистор)

Работа PNP-транзистора:

1. Принцип работы: для работы PNP-транзистора необходимо приложить отрицательное напряжение к базе относительно эмиттера. Когда на базе ток (I_b) направлен отрицательно, дырки от эмиттера (Р-тип) проходят через базу (N-тип) и движутся к коллектору (Р-тип), вызывая ток коллектора (I_c).

2. Управление током: как и в случае с NPN-транзистором, ток коллектора управляется током базы. Однако в PNP-транзисторе ток базы течет в противоположном направлении.

3. Направление тока: В PNP-транзисторе ток основного потока идёт от эмиттера к коллектору.

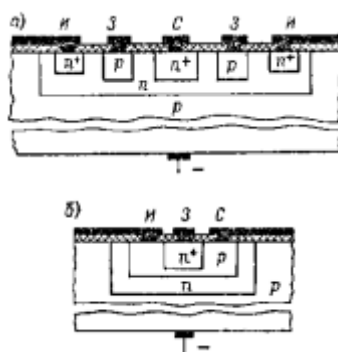


Рисунок 4 – (P-N-P транзистор (а) n-типа (б) p-типа)

В современном мире микроэлектроника основана на интеграции разных компонентов (например, разных компонентов). Широко применяется метод, при котором все компоненты микросхемы изготавливаются отдельно в специальном кристалле (полупроводнике).

Развитие современной микроэлектроники

Есть три основных направления, по которым развивается эта отрасль. Они напрямую связаны с производством и оптимизацией различных типов микросхем (интегральных, полупроводниковых, гибридных), а также повышением производительности устройств.

Благодаря использованию современных технологий при производстве небольших электронных схем небольшие электронные устройства стали надежными и стабильными. Такое качество в проектах достигается за счет получения полимеров, которые не разрушаются даже при высоких температурах (до 300°C), но при этом обладают достаточной гибкостью.

Успехи в области микроэлектроники также помогли создать специальные стабилизаторы напряжения. Они очень популярны на промышленных предприятиях, поскольку благодаря небольшим размерам эти стабилизаторы легко устанавливаются в различные генераторы.

Типы микросхем в современной микроэлектронике

В современной микроэлектронике широко используются два основных типа устройств:

- Для активных компонентов – транзисторов или различных диодов.
- Для пассивных компонентов – любые индукционные катушки, резисторы и конденсаторы.

Оба типа микросхем основаны на разном принципе, включающем полную обработку электрической схемы на основе теории цепей. Эта обработка позволяет увеличить количество соединений между компонентами, так как повышается КПД электрической цепи.

Современная микроэлектроника и кибербезопасность

Важно упомянуть несколько очевидных угроз, возникших относительно недавно в результате развития как мировой, так и отечественной микроэлектроники, а также новых подходов к проектированию микросхем. В метафорическом смысле, угрозу можно рассматривать как нерешённую проблему.

Современная полупроводниковая индустрия представляет собой дорогостоящее, трудоемкое и высокотехнологичное производство. Оборудование для работы с материалами на атомном уровне стоит десятки миллионов долларов, а строительство современных заводов требует инвестиций в миллиарды. Лишь немногие компании способны справиться с такими затратами и обладают необходимыми технологическими компетенциями.

При анализе ситуации на мировом рынке, становится ясно, что самые передовые места в производстве, именно микросхем для развития новых информационных технологий, занимает Южная Корея (рис. 5).



Рисунок 5 – Мировой рынок микроэлектроники

На отечественном рынке ситуация не хуже. Российский рынок микроэлектроники проходит через значительные изменения и вызовы. В последние годы наблюдается рост интереса к локализации производства микросхем и компонентов, что связано с внешнеэкономическими санкциями и стремлением к снижению зависимости от импорта. Российское правительство внедряет различные программы и инициативы для стимулирования развития микроэлектронной отрасли, включая финансирование исследований и разработок, налоговые льготы и создание особых экономических зон. Основной предлог включают необходимость модернизации производственных мощностей, недостаток квалифицированных кадров и ограничения на доступ к зарубежным технологиям. Тем не менее, успешная реализация программ по развитию отрасли может привести к значительным улучшениям и инновациям в будущем.

Российский рынок микроэлектроники имеет потенциал для роста, но требует комплексного подхода и инвестиций для достижения конкурентоспособности на мировом уровне.

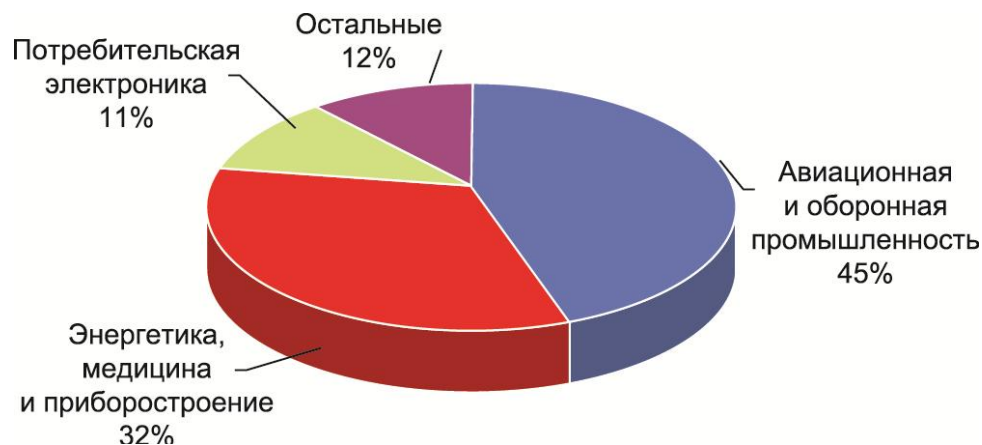


Рисунок 6 – Российский рынок микроэлектроники

Следующая ступень в развитии микроэлектроники – наноэлектроника:

Наноэлектроника представляет собой применение нанотехнологий в области электронных компонентов, особенно в транзисторах. Хотя «нанотехнология» обычно подразумевает технологии размером менее 100 нанометров, наноэлектроника касается очень маленьких устройств, чьи квантово-механические свойства требуют детального изучения. Таким образом, даже современные транзисторы, использующие 65 или 45 нанометровую технологию, попадают в эту категорию. Наноэлектронику иногда называют передовыми технологиями, поскольку такие устройства существенно отличаются от традиционных транзисторов.

Среди них можно выделить гибридную молекулярную электронику, одномерные нанотрубки и нанопровода, а также высокотехнологичную электронику. Несмотря на свои перспективные возможности, эти технологии все еще находятся на этапе разработки и ожидается, что в ближайшее время они будут интегрированы в различные микроэлектронные продукты [3].

Заключение

Микроэлектроника остается одной из самых динамично развивающихся и значимых отраслей науки и техники. Ее влияние охватывает все аспекты современного мира, от повседневных гаджетов до высокотехнологичных решений в промышленности и медицине. Понимание основных принципов работы транзисторов и других компонентов является ключевым для инженеров и исследователей, стремящихся к инновациям.

Наноэлектроника, как следующая ступень в развитии технологий, обещает принести новые возможности и продукты, радикально изменившие рынок. При этом вызовы, с которыми сталкивается российская микроэлектронная отрасль, требуют активных усилий по модернизации, поддержке и локализации производства. Существующие программы государственной поддержки и инициатива по созданию особых экономических зон являются важными шагами на пути к развитию конкурентоспособной и инновационной экономики.

Таким образом, для успешного преодоления текущих вызовов и реализации потенциала микроэлектроники необходимо объединение усилий со стороны государства, научных кругов и промышленности. В будущем, при правильном подходе, Россия сможет занять достойное место на мировом рынке микроэлектроники, способствуя тем самым общему технологическому прогрессу.

Список литературы

1. Микроэлектроника // Википедия. Дата обновления: 24.07.2024. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=347292&oldid=139181497> (дата обращения: 14.10.2024).
2. Физики создали самый маленький чип для квантовой регистрации свет//nplus1. Дата обновления 27.05.2024. URL: <https://nplus1.ru/news/2024/05/27/photonic-integrated-smallest-circuit-chip> (дата обращения: 14.10.2024).

3. Лемешев, А. А. Микроэлектроника как важнейшая отрасль науки / А. А. Лемешев. // Молодой ученый. – 2020. – № 49 (339). – С. 40-42.
4. Демидов А. А., Рыбалка С. Б. Современные и перспективные полупроводниковые материалы для микроэлектроники следующего десятилетия (2020-2030 гг.) // Прикладная математика & Физика. 2021. № 1.
5. Никифоров А. Ю., Скоробогатов П. К., Стриханов М. Н., Телец В. А., Чумаков А. И. Развитие базовой технологии прогнозирования, оценки и контроля радиационной стойкости изделий микроэлектроники // Известия вузов. Электроника. 2012. №5 (97).
6. Бакаев Д. Н., Стукало О. Г., Денисенко В. В., Скрыпников А. В., Савченко И. И., Зиновьева В. В. Информационный инструментарий проектного управления развитием промышленных предприятий // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 14-24.
7. Суханов, В. В. Методика логического проектирования информационного обеспечения распределенных информационных систем критического применения / В. В. Суханов, О. В. Ланкин // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 3. – С. 67-73. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-3-67-73.

References

1. Microelectronics // Wikipedia. Date of update: 07/24/2024. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=347292&oldid=139181497> (date of application: 10/14/2024).
2. Physicists have created the smallest chip for quantum light registration//nplus1. Update date 05/27/2024. URL: <https://nplus1.ru/news/2024/05/27/photonic-integrated-smallest-circuit-chip> (date of application: 14.10.2024).
3. Lemeshev, A. A. Microelectronics as the most important branch of science / A. A. Lemeshev // Young scientist. – 2020. – № 49 (339). – Pp. 40-42.
4. Demidov A. A., Rybalka S. B. Modern and promising semiconductor materials for microelectronics of the next decade (2020-2030) // Applied Mathematics & Physics. 2021. No. 1.
5. Nikiforov A. Yu., Skorobogatov P. K., Strikhanov M. N., Telets V. A., Chumakov A. I. Development of basic technology for forecasting, evaluation and control of radiation resistance of microelectronics products // Izvestiya vuzov. Electronics. 2012. №5 (97).
6. Bakaev D. N., Stukalo O. G., Denisenko V. V., Skrypnikov A. V., Savchenko I. I., Zinovieva V. V. Information toolkit of project management of industrial enterprises development // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15, № 2. - P. 14-24.
- Suhanov V.V., Lankin O.V. Methodology of logical design of information support for distributed information systems of critical application // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, № 3. - P. 67-73. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-3-67-73.