

КАРТОТЕКА: ТРИЗ и электроника

М.А. Жужа,
Доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий
физико-технического факультета
Кубанского государственного университета,
г. Краснодар

Я, как преподаватель вуза, читаю студентам лекции по нескольким разделам электроники, а также основам ТРИЗ. Поэтому было бы логичным излагать электронику с позиций ТРИЗ или хотя бы изобретательские приёмы иллюстрировать примерами из электроники. Однако, в ТРИЗ литературе большинство классических примеров (перевозка шлака, ледоколы, трубопроводы, сваи, ...) достаточно далеки от электроники и вызывают у студентов сомнения в применимости ТРИЗ в области радиофизики и радиотехники. На эту тему есть хорошая статья Г.С. Альтшуллера [1], в которой говорится о том, что радиотехнические системы должны подчиняться общим законам развития технических систем. Поэтому для дальнейших учебных занятий был начат сбор картотеки из старых и новых примеров по теме «ТРИЗ и электроника». Часть примеров найдена в книгах В.Г. Уразаева [2] и М.А. Орлова [3], а остальные – в учебниках по электронике, в технической литературе или в Интернете.

Ниже приводится имеющаяся на сегодняшний день картотека из 50 примеров. Такая картотека для ТРИЗ-педагогики является дидактическим материалом и может быть полезна при обучении ТРИЗ студентов радиотехнических специальностей.

1. Приём «ДРОБЛЕНИЯ».

Фазированная антенная решётка – это тип антенн в виде группы взаимосвязанных небольших антенных излучателей (вместо одной большой антенны).

6. Приём «УНИВЕРСАЛЬНОСТИ».

Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) позволяют одну и ту же микросхему запрограммировать на выполнение различных логических функций.

13. Приём «НАОБОРОТ».

1. Существует метод «перевернутого кристалла» для монтажа полупроводниковых кристаллов в корпус (на подложку).

2. В гибридных интегральных схемах на диэлектрической подложке нанесены пассивные плёночные элементы (резисторы, проводники), а сверху монтируются активные элементы (транзисторы, диоды и др.). Существует и обратный технологический процесс – активные элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки, а сверху нанесены пассивные элементы в виде плёнок.

3. Инверсный режим работы транзистора, когда эмиттерный переход закрыт, а коллекторный – открыт.

16. Приём «ЧАСТИЧНОГО ИЛИ ИЗБЫТОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ».

1. Чтобы полупроводниковую пластину разделить на отдельные кристаллы, её предварительно скрайбируют (процарапывают алмазным резцом).

2. На плёночных микросхемах резистор делают заведомо большей площади, а затем осуществляют точную подгонку сопротивления резистора, удаляя лазером лишнюю площадь резистивной плёнки.

17. Приём «ПЕРЕХОДА В ДРУГОЕ ИЗМЕРЕНИЕ».

1. Обычно транзисторы изготавливаются планарными – в тонком поверхностном слое полупроводника, но существуют разработки «вертикальных» и «объёмных» МОП-транзисторов (V-образный затвор, выводы истока и стока расположены сверху и снизу полупроводниковой пластины и др.). Эти транзисторы имеют улучшенные характеристики – малые токи утечки, высокое быстродействие и др.

2. Развитие печатных плат: 1) одиночный монтажный провод (линия); 2) односторонняя печатная плата (площадь); 3) двухсторонняя печатная плата и многослойная печатная плата (объём).

3. Видеомагнитофон – поперечно-строчная и наклонно-строчная запись на магнитной ленте.

18. Приём «ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ».

Способ ультразвуковой термокомпрессионной сварки (для присоединения проводников к контактными площадкам микросхемы).

19. Приём «ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ».

1. Цифровая электроника.

2. Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения.

20. Приём «НЕПРЕРЫВНОСТИ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ».

1. Аналоговая электроника.
2. Стабилизаторы постоянного напряжения с непрерывным регулированием.
3. Система «телетекст» использует телевизионный сигнал для передачи данных, заполняя небольшие промежутки времени между телевизионными кадрами в сигнале. Передача сигналов телетекста осуществляется на задней «полке» кадрового импульса гашения, в строках, не содержащих изображения.

22. Приём «ОБРАТИТЬ ВРЕД В ПОЛЬЗУ».

1. Существуют разработки полупроводниковых приборов, которые преобразуют тепло электронных блоков в электричество.

2. На высоких частотах (свыше 300 МГц) эффективность работы обычных радиоламп резко снижается из-за инерции электронов (при равенстве периода колебаний времени пролёта между электродами электроны не успевают долетать от катода до анода или до сетки). Успех в освоении более высокочастотного диапазона был достигнут только при разработке принципиально новых электронных приборов, использующих инерцию электронов, как полезное явление – клистронов, магнетронов, ламп бегущей волны.

3. С увеличением частоты электромагнитных волн (в милли-метровый диапазон) возрастает их затухание из-за дождя и резонансного поглощения парами воды и кислородом. В диапазоне миллиметровых волн в атмосфере существуют окна прозрачности и пики поглощения. Однако, это можно использовать и для получения положительного эффекта. Например, при работе в пиках поглощения обеспечивается низкий уровень взаимных помех между различными службами и можно организовать скрытую связь на небольшие расстояния. Для межспутниковой связи (если работать на частотах пиков поглощения) атмосфера играет роль заграждающего фильтра по отношению к помехам с Земли.

4. Из электромагнитной экологии известно о неблагоприятном воздействии радиочастотных излучений на организм человека. Однако, вредность такого излучения является для военных очень «полезным» свойством для создания микроволнового оружия нелетального воздействия. Армия США берет на вооружение микроволновые излучатели, предназначенные для разгона демонстрантов. Министерство юстиции собирается снабдить ими американские тюрьмы и полицию. Министерство энергетики США планирует использовать аналогичные системы для защиты атомных объектов. Active Denial System («Система активного подавления»), которую ещё называют «излучателем боли», представляет собой базирующиеся на военных грузовиках массивные антенны, генерирующие направленное электромагнитное излучение на частоте 95 ГГц. Излучение проникает на глубину около 0,4 мм, нагревая поверхность кожи человека, попавшего в зону действия излучателя, до 55 °С. Испытания оружия показали, что никто не способен выдержать воздействие этого излучения больше, чем 5 секунд даже на расстоянии в 500 м. От ощущения жжения невозможно избавиться, прикрывшись мокрой одеждой или фольгой. Единственное желание – поскорее убраться подальше от источника излучения.

[http://www.chaskor.ru/article/armejskaya_mikrovolnovka_467]

23. Приём «ОБРАТНОЙ СВЯЗИ».

Положительные и отрицательные обратные связи применяются в генераторах, усилителях и других электронных устройствах.

24. Приём «ПОСРЕДНИКА».

1. Радиосвязь – звуковые низкочастотные колебания передаются посредством электромагнитных волн высокой частоты.

2. В люминофорных светодиодах используется люминофор, преобразующий ультрафиолетовое или синее излучение в видимое (белое).

3. При производстве интегральных схем в процессе фотолитографии на полупроводниковую подложку наносятся различные защитные слои, которые впоследствии удаляются.

25. Приём «САМООБСЛУЖИВАНИЯ».

Выявление неисправностей и подключение резервных и дублирующих блоков в военной и космической технике.

26. Приём «КОПИРОВАНИЯ».

1. Телевидение (можно в разные страны поехать туристом, а можно просто включить телевизор или Интернет с web-камерами).

2. Радиолокационное изображение цели (самолёта) на экране у оператора противовоздушной обороны.

3. Эквивалентные схемы – это упрощенные модели полупроводниковых приборов.

4. Схемы электрические принципиальные, функциональные, монтажные – это «бумажные» копии реальных электронных устройств.

27. Приём «ДЕШЁВАЯ НЕДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВЗАМЕН ДОРОГОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ».

Перегорающие (плавкие) предохранители для защиты электроаппаратуры от аварийных перегрузок.

28. Приём «ЗАМЕНА МЕХАНИЧЕСКОЙ СХЕМЫ».

Чтобы свести до минимума основные источники ненадёжности аппаратуры – механические контакты и перемещения – в большинстве случаев целесообразно заменить механическое сканирование электронным, механические регуляторы и переключатели напряжений электронными, механическую настройку частоты и переключение диапазонов электронным управлением.

30. Приём «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ ОБОЛОЧЕК И ТОНКИХ ПЛЁНОК».

Тонкоплёночные конструкции в микроэлектронике (резисторы, конденсаторы, проводники, ...).

33. Приём «ОДНОРОДНОСТИ».

Контакты внутри микроэлектронных схем соединяются проводниками из того же материала, обычно, из золота; контакты разъёмов микросхем и печатных плат для предупреждения вредных физико-химических явлений также покрываются или изготавливаются из одних и тех же материалов.

39. Приём «ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРТНОЙ СРЕДЫ».

Многие процессы при изготовлении полупроводниковых приборов производятся в вакууме (напыление, ионное легирование, ...) или в среде инертного газа (микросварка и др.).

Закон ПЕРЕХОДА В НАДСИСТЕМУ (МОНО – БИ – ПОЛИ).

1. Многоэмиттерные транзисторы в цифровых микросхемах.
2. Полевые транзисторы с двумя затворами.
3. Схема Дарлингтона (составной транзистор из двух).
4. Полупроводниковый диод с р-п-переходом (инверсная би-система), транзистор (3 полупроводниковые области), тиристор (4 полупроводниковые области).
5. Комплементарная пара транзисторов (инверсная би-система) – пара биполярных транзисторов с разной проводимостью – р-п-р и п-р-п или пара полевых транзисторов – с п-каналом и с р-каналом.
6. Дифференциальный транзисторный каскад (сдвоенная симметричная схема).
7. Гетеропереход – переход между двумя полупроводниками с разной шириной запрещенной зоны (би-система со сдвинутыми характеристиками).
8. Сверхрешетка – (поли)система из чередующихся тонких слоёв различных полупроводниковых материалов.
9. Дроссель (одна катушка индуктивности с сердечником), трансформатор (две и более катушки на магнитопроводе).
10. Электронные лампы – триод, тетрод, пентод – это лампы с одной, двумя, тремя сетками. Две электронные лампы (например, два триода) могут размещаться в одном стеклянном корпусе.
11. Схемы выпрямления переменного тока с одним диодом (однополупериодная), с двумя диодами (двухполупериодная со средней точкой вторичной обмотки трансформатора), с 4 диодами (мостовая).
12. Одно-, двух- и многокаскадные усилители.
13. Схемы умножения напряжения в 2, 3, ..., n раз из повторяющихся соединений диодов и конденсаторов.

Закон ПЕРЕХОДА С МАКРО- НА МИКРОУРОВЕНЬ.

1. Транзисторы – микросхемы – БИС – СБИС – нанотехнологии.
2. Плазменная антенна. Специалистами Американского физического общества был создан принципиально новый тип антенн. Устройство работает на основе плазмы – ионизированного раскаленного газа. Состоит антенна из трубки, наполненной газом, который при нагревании превращается в плазму с большим количеством свободных электронов. Разработка может очень пригодиться военным, так как при необходимости антенну можно выключить, плазма в трубке превращается в непроводящий электричество холодный газ, и антенна становится невидимой для радаров.
[<http://science.km.ru/magazin/view.asp?id=2C34BACED03442EF9D199C092860F39D>]

Закон ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧНОСТИ.

Гибкие печатные платы – печатные кабели служат для объединения обычных печатных плат, заменяя жгуты из проводов.

Список использованных источников

1. Альтшуллер Г.С. О применении АРИЗ к электронике, радиотехнике и схемным задачам.
<http://www.altshuller.ru/triz/investigations6.asp>.
2. Уразаев В.Г. ТРИЗ в электронике. – М.: Техносфера, 2006.

3. Орлов М.А. Основы классической ТРИЗ. Практическое руководство для изобретательского мышления. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006.