

УЧЕБНИК

УСТРОЙСТВО АУДИО- И ВИДЕОАППАРАТУРЫ

Филип Хофф

В книге в доступной форме объясняются принципы работы бытовых электронных устройств.

Каждая глава начинается с краткого исторического обзора рассматриваемого класса устройств. Затем описываются принципы работы аппаратуры и приводится структурная схема. Проводится детальный анализ принципиальных схем устройств и, наконец, обсуждается современное состояние их развития. Такой подход позволяет объединить многие различные области инженерной электроники: от физической оптики до цифровой обработки сигналов.

Книга написана доступным языком, содержит более 350 иллюстраций и много упражнений. Она может служить ценным пособием для студентов, изучающих радиоэлектронику, а также будет полезной для специалистов и опытных радиолюбителей.

Internet-магазин:

www.aliants-kniga.ru

Книга – почтой:

Россия, 123242,

Москва, а/я 20

Тел.: (495) 258-9194

books@aliants-kniga.ru

Оптовая продажа:

«Альянс-книга»

Факс: (495) 258-9195

books@aliants-kniga.ru

ISBN 5-94074-038-3



9 785940 740384

Филип Хофф

УЧЕБНИК

УСТРОЙСТВО

АУДИО-
И ВИДЕОАППАРАТУРЫ

УЧЕБНИК

Филип Хофф

УСТРОЙСТВО АУДИО- И ВИДЕОАППАРАТУРЫ

ОТ ДЕТЕКТОРНОГО ПРИЕМНИКА
ДО ЧМ СТЕРЕОРЕСИВЕРА И RDS

ЧАСТОТНЫЕ ПРЕДЫСКАЖЕНИЯ
И КОРРЕКЦИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

СИСТЕМЫ ШУМОПониЖЕНИЯ
dbs, HUSH®, Dolby®, Dolby® B и C

ДЕТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
УСТРОЙСТВ И РАБОТЫ СХЕМ



www.dmk-press.ru



УЧЕБНИК

Учебник

Филип Хофф

УСТРОЙСТВО АУДИО- И ВИДЕОАППАРАТУРЫ



Москва

ББК 32.844

X85

Хофф Ф.

X85 Устройство аудио- и видеоаппаратуры. : Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс.
– 288 с.: ил. (Серия «Учебник»).

ISBN 5-94074-038-3

В книге в доступной форме объясняются принципы работы бытовых электронных устройств. Каждая глава начинается с краткого исторического обзора рассматриваемого класса устройств. Затем описываются принципы работы аппаратуры и приводится структурная схема. Детально анализируются принципиальные схемы устройств и обсуждается современное состояние их развития. Такой подход позволяет объединить различные области инженерной электроники: от физической оптики до цифровой обработки сигналов.

Книга написана доступным языком, содержит более 350 иллюстраций и много упражнений. Она может служить ценным пособием для студентов, изучающих радиоэлектронику, и быть полезной для специалистов и опытных радиолюбителей.

ББК 32.844

Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge
The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge, CB2 1RP, United Kingdom

Cambridge University Press

The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, United Kingdom

40 West 20th Street, New York, NY 10011-4211, USA

10 Stamford Road, Oakleigh, Melbourne 3166, Australia

First published 1998

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 0-521-58817-0 (англ.)

ISBN 5-94074-038-3 (рус.)

© Philip Hoff

© Перевод на русский язык, оформление
ДМК Пресс

Филип Хофф

Устройство аудио- и видеоаппаратуры

Главный редактор	<i>Захаров И. М.</i>
Перевод	<i>Кирюхин Н. Н.</i>
Научный редактор	<i>Самохин В. П.</i>
Выпускающий редактор	<i>Готлиб О. В.</i>
Технический редактор	<i>Прока С. В.</i>
Верстка	<i>Сучкова Н. А.</i>
Графика	<i>Бахарев А. А.</i>
Дизайн обложки	<i>Антонов А. И.</i>

Гарнитура «Петербург». Печать офсетная. Усл. печ. л. 18. Тираж 3000 экз. Заказ №

Издательство «ДМК Пресс», 105023, Москва, пл. Журавлева, д 2/8.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов
в ППП «Типография «Наука».

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	8
От автора	14
1. Радиоприемники АМ сигналов	16
1.1. Детекторный приемник	16
1.2. АМ радиоприемники, представляющие исторический интерес	21
1.2.1. Регенеративный приемник	21
1.2.2. Рефлексный приемник	25
1.2.3. Приемник прямого усиления	27
1.3. Принцип супергетеродинного приема	28
1.4. Автоматическая регулировка усиления	31
1.5. Детектирование огибающей	33
1.5.1. Усовершенствованный детектор огибающей	35
1.6. Анализ работы АМ приемника	35
1.6.1. Высокочастотный тракт	35
1.6.2. Гетеродин	38
1.6.3. Смеситель	40
1.6.4. Связь транзистора с колебательным контуром	42
1.6.5. Усилители промежуточной частоты	48
1.6.6. Детектор	49
1.6.7. Усилители звуковой частоты	49
1.7. Варианты схемных решений	50
1.8. Интегральные схемы для АМ приемников	52
1.8.1. Интегральная схема для приемника прямого усиления	52
1.8.2. Интегральные схемы для супергетеродинных приемников	53
1.9. Системы стереовещания в диапазоне АМ	61
1.10. Сертификация АМАХ™	68
2. Радиоприемники диапазона ЧМ	69
2.1. Снова гетеродинирование	69
2.2. Ограничение сигнала	70
2.3. Частотное детектирование	70
2.3.1. Детектор отношений и дискриминатор Фостера-Сили	70
2.3.2. Схема фазовой автоподстройки	71
2.3.3. Квадратурный детектор	77
2.3.4. ЧМ детектор на основе одновибратора	84
2.4. Автоматическая подстройка частоты	85
2.4.1. О необходимости автоподстройки частоты	85
2.4.2. Реализация автоподстройки частоты	92

2.5. Частотная коррекция предыскажений	93
2.6. Стереовещание в диапазоне ЧМ	93
2.6.1. Совместимый стереофонический сигнал	93
2.6.2. Схема декодирования стереосигнала	95
2.6.3. Декодирование стереосигнала с использованием системы ФАПЧ	96
2.7. Анализ работы ЧМ приемника	98
2.7.1. Усилитель радиочастоты	99
2.7.2. Гетеродин	106
2.7.3. Смеситель	109
2.7.4. Усилитель промежуточной частоты	110
2.7.5. Детектор	115
2.8. Дополнительное подписное радиовещание	119
2.9. Система FMX®	120
2.10. Система передачи данных по радиоканалу	125
2.10.1. Передатчик данных RBDS	126
2.10.2. Приемник системы передачи данных RBDS	128
2.10.3. Формат кодирования данных	129
3. Схемы современных приемников	132
3.1. Приемник с диапазонами АМ и ЧМ	132
3.2. Керамические фильтры	137
3.3. Настройка с помощью варакторов	137
3.4. Настройка с помощью кварцевого синтезатора частоты	138
3.5. Предварительный делитель частоты с двумя коэффициентами деления	139
3.6. Входной каскад на основе двухзатворного полевого транзистора	143
3.7. Двойное преобразование частоты	143
3.8. Автоматический ограничитель шума	144
3.9. Другие вспомогательные устройства в радиоприемниках	145
4. Коррекция частотных характеристик	147
4.1. Регулировка тембра	148
4.2. Частотные предыскажения и коррекция при записи и воспроизведении грампластинок	152
4.3. Частотная коррекция для звукозаписи на магнитной ленте (стандарт NAB)	158
4.3.1. Режим записи	159
4.3.2. Коррекция при воспроизведении	160
5. Магнитофоны	163
5.1. Принцип подмагничивания	163
5.2. Стирание записи	168
5.3. Принцип подавления шумов	168
5.3.1. Система шумопонижения Dolby®	168

5.4. Анализ магнитофона	170
5.4.1. Режим записи	179
5.4.2. Режим воспроизведения	181
5.4.3. Усилитель записи	181
5.4.4. Генератор стирания	183
5.4.5. Схема источника питания	186
5.5. Другие системы шумопонижения	190
5.5.1. Система шумопонижения dbx	190
5.5.2. Динамическое подавление шума (система DNRO)	192
5.5.3. Система шумопонижения Dolby® C	194
5.5.4. Система шумопонижения HUSH®	196
6. Черно-белые телевизоры	198
6.1. Телевизионный сигнал	198
6.1.1. Основные принципы телевидения	198
6.1.2. Полоса частот модулирующего сигнала	200
6.1.3. Форма видеосигнала и сигналов синхронизации	203
6.2. Некоторые особенности устройства телевизора	205
6.2.1. Вторая промежуточная частота звука	205
6.2.2. Отклонение луча магнитным полем	205
6.2.3. Телевизионная развертка	208
6.2.4. Использование импульсов обратного хода	210
6.2.5. Демпфирование и вольтодобавка	211
6.3. Транзисторный черно-белый телевизор	211
6.3.1. Тюнеры	211
6.3.2. Усилитель промежуточной частоты	220
6.3.3. Видеодетектор и фильтр	221
6.3.4. Предварительный каскад видеоусилителя	232
6.3.5. Ключевая схема АРУ	232
6.3.6. Канал звукового сопровождения	235
6.3.7. Выходной каскад видеоусилителя	235
6.3.8. Ограничитель синхроимпульсов	238
6.3.9. Генератор и выходной каскад кадровой развертки	239
6.3.10. Схема строчной развертки	246
6.3.11. Варианты схемных решений	271
6.4. Черно-белый телевизор в интегральном исполнении	272
Алфавитный указатель	285

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная книга посвящена теме, которая обычно опускалась в традиционных курсах радиотехнического образования, поэтому может рассматриваться и как справочник для профессионала, и как учебник. Для издания такого рода особенно важно, чтобы структура книги соответствовала ее назначению.

Когда я был студентом, то подрабатывал, занимаясь ремонтом радиоприемников, стереосистем и телевизоров. Некоторые необходимые для этого знания почерпнул из различных технических книг и журналов, другие приобрел в процессе работы.

Начав учиться в колледже по специальности радиоинженера, я с нетерпением ожидал того момента, когда мы начнем изучать принципы работы такой аппаратуры. Но, увы, надежды оказались напрасными! Схемы аппаратуры, с которыми обычно приходится работать специалистам по обслуживанию, как правило, значительно сложнее описанных в учебниках по электронике. Было ощущение, что меня обманули. Правда, позднее я понял, что авторы учебников просто жалели своих читателей: ведь намного легче разобраться в упрощенной, чем в сложной реальной схеме.

Так пришло осознание необходимости написания этой книги. По окончании колледжа мне стало ясно, что образование радиоинженера, по крайней мере, помогает разобраться в электронных схемах высокого уровня. Преподавательская практика дала дополнительный импульс: общение со старшекурсниками убедило меня в обязательности курса по бытовой электронике. Вот тогда-то я серьезно заинтересовался специальной литературой. Но это привело лишь к разочарованиям. Все без исключения имевшиеся материалы попадали в три категории:

- технические руководства для специалистов по обслуживанию. Обычно это были публикации о новом устройстве, насыщенные ошибками и несоответствиями;
- справочные издания, написанные инженерами. Они мало походили на учебники, хотя и содержали некоторую полезную информацию;
- публикации технических журналов, особенно «Труды ИИЭР по бытовой электронике» (IEEE Transactions on Consumer Electronics), которые вряд ли могли быть использованы в качестве учебного материала.

Итак, мне не удалось найти литературы, в которой бытовая электроника описывалась бы на должном инженерном уровне. Ничего не оставалось, как начать собирать материалы по данной теме. Когда это было сделано, появилась дисциплина по выбору для старшекурсников. Первоначально рассматривались не слишком сложные схемы существующей аппаратуры; разделы, трудные для восприятия, просто опускались.

Студенты с энтузиазмом восприняли этот курс, который в течение многих лет оставался наиболее популярным среди выбираемых на факультете электротехники (пока не появился курс по цифровой обработке сигналов).

Пришло время, когда стала очевидной необходимость обновления рассматриваемых схем и включения новых, появившихся в последнее время, бытовых приборов. Невозможно было более обходить трудные для понимания разделы. Таким образом, в 1982 году началась неоплачиваемая работа по написанию книги. В то время в Калифорнийском государственном университете в Чико (Chico) еще не применялись персональные компьютеры, текстовые процессоры и хорошие программы по анализу цепей, поэтому многое приходилось делать вручную. Не стоит считать это минусом: в большинстве случаев таким образом достигалось значительно лучшее понимание схемы, чем при компьютерном анализе, особенно когда исследователь вынужден был делать упрощающие предположения. Позднее с помощью компьютеров были завершены те немногочисленные расчеты, которые не удалось выполнить вручную.

При формировании структуры книги учитывались следующие вопросы: какие темы полезно развернуть до уровня главы, какое устройство следует рассмотреть для каждого из выбранных видов аппаратуры и как будет построена каждая глава.

После прочтения книги кто-то может спросить, почему, например, не представлены пейджеры, спутниковое телевидение, не уделено должного внимания персональным компьютерам. Вполне справедливые замечания, но, к сожалению, объем книги ограничен и не позволяет включить в нее все материалы, может быть, даже очень нужные. При определении содержания каждой главы использовались два критерия.

Первый из них следующий: если потенциального «героя» главы можно найти по крайней мере в половине американских семей, то он подходит на эту роль. Оценка только по этому критерию исключила пейджеры, спутниковое телевидение и персональный компьютер. Тогда почему мобильный телефон (глава 10) включен в книгу? Ответ прост: он представляет собой лишь одну из разновидностей телефонов.

Почему целая глава посвящена черно-белому телевизору, давно ушедшему в прошлое? Ответ связан со вторым критерием: если материал одной главы является основополагающим для другой, он должен быть рассмотрен обязательно. Разумно расширить анализ современного прибора, сначала рассказав о его историческом предшественнике, а затем конкретизировав отличия. Существует и определенная логика в повторении схем, например в главах 6 и 7: они используются для одних и тех же целей. Аналогичным образом построены главы о работающих только в диапазонах АМ или ЧМ радиоприемниках. Ни те, ни другие теперь уже не производятся (за некоторыми исключениями), однако данный материал необходим для понимания главы 3.

Следует назвать еще одну причину, по которой, в частности, персональные компьютеры исключены из книги. В основном структура цифровых систем одинакова, независимо от того, является ли система персональным компьютером или модулем управления видеомagneтофоном.

Различие состоит в источнике сигнала, месте его назначения и, главное, в программе работы, анализ которой выходит за рамки этой книги. В связи с этим рассмотрение компьютера представляется нецелесообразным, несмотря на безусловное его присутствие во всех областях нашей жизни.

Ниже дано краткое содержание глав с комментариями автора.

Глава 1. Радиоприемники диапазона АМ

В эту главу вошли самые разнообразные материалы – от сведений о скромном детекторном приемнике до разъяснения принципа стереовещания в диапазоне АМ. Также здесь рассматриваются регенеративный, рефлексный, прямого усиления и супергетеродинный приемники в дискретном и интегральном исполнении.

Глава 2. Радиоприемники диапазона ЧМ

1950-е годы – время радиовещания в диапазоне ЧМ и АМ, и лишь немногие приемники могут принимать передачи с частотной модуляцией. Все доступные приемники ламповые, поскольку транзисторы еще находятся на начальном этапе развития. Впоследствии ЧМ и АМ приемники практически одинаково распространены, и большинство твердотельных приемников работают в обоих диапазонах. Чтобы максимально упростить первоначальное освоение темы, для рассмотрения был выбран приемник, принимающий только диапазон ЧМ. Анализ его схемы сопровождается представлением системы «FM Multiplex stereo». Далее представлены системы FMX и RDS.

Глава 3. Приемники, работающие в диапазонах АМ и ЧМ

В этой главе дан анализ приемника типа «Walkman». Рассмотрены также различные вопросы, касающиеся современных приемников, наиболее важным из которых является цифровая настройка с использованием кварцевого синтезатора частоты.

Глава 4. Коррекция частотных характеристик

Это единственная глава, не связанная с каким-либо оборудованием. В ней объясняется актуальность данной проблемы и средства ее решения. Показано также различие между настоящей регулировкой тембра, позволяющей усиливать или ослаблять верхний или нижний края звукового спектра, и регулировкой тембра шунтирующего типа, с помощью которой можно лишь ослаблять верхние звуковые частоты.

Глава 5. Магнитофоны

Перед анализом работы собственно магнитофона изложены необходимые основы теории магнетизма. В этой главе также рассмотрены следующие системы шумопонижения: Dolby® В и С, dbx, DNR® фирмы National Semiconductor и HUSH® фирмы Analog Devices.