

В.А. Днищенко

**500 схем для
радиолюбителей**

**Дистанционное
управление
моделями**



**Наука и Техника,
Санкт-Петербург**

2007

Днищенко В.А.

500 схем для радиолюбителей. Дистанционное управление моделями. —

СПб.: Наука и техника, 2007. — 464 с.: ил.

ISBN 978-5-94387-358-4

Серия «Радиолюбитель»

Книга продолжает ряд тематических изданий в серии «Радиолюбитель». Названия этих книг начинаются словами «500 схем...» с уточняющими названиями «Приемники», «Источники питания», «Радиостанции и трансиверы»... В данной книге представлены схемные решения СХЕМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ. Приводимого краткого описания вполне достаточно для самостоятельного изготовления понравившейся конструкции.

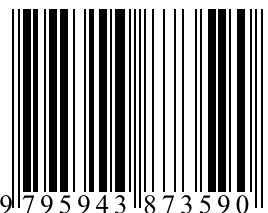
Изготовление моделей само по себе очень увлекательное занятие. Но наибольший интерес представляет изготовление именно управляемых моделей. Они давно получили широкое распространение в Японии, США и Европе. А в России моделирование делает первые шаги: создаются клубы любителей, появляются магазины, торгующие готовыми комплектами (модель и система управления)... Однако фирменные изделия недешевы, да и трудно отказать в себе удовольствию самостоятельно изготовить некоторые элементы и даже комплект целиком!

Данная книга уникальна. Она познакомит читателя с принципами функционирования и практической схемотехникой. Все рассмотренные конструкции выполнены на современной элементной базе, схемы сопровождаются подробными описаниями, рисунками печатных плат, рекомендациями по сборке и настройке.

Книга рассчитана как для начинающих, так и на «продвинутых» радиолюбителей, увлекающихся практической радиоэлектроникой.

Содержание

Введение	9
Глава 1. Принципы управления моделями на расстоянии	11
1.1. Структурная схема командной линии управления	12
1.2. Способы кодирования и передачи команд	16
1.2.1. Дискретное управление	16
1.2.2. Пропорциональное управление	20
Глава 2. Формирователи команд	38
2.1. Предварительные замечания	39
2.2. Шифраторы для аппаратуры дискретного управления	44
2.2.1. Четырехканальный шифратор с частотным кодированием на транзисторах	44
2.2.2. Четырехканальный шифратор с частотным кодированием на таймере КР1006ВИ1	46
2.2.3. Четырехканальный шифратор с частотным кодированием на микросхеме CD4047	48
2.2.4. Импульсный шифратор на счетчике К561ИЕ8	49
2.2.5. Импульсный шифратор на микросхеме КР1008ВЖ14	54
2.2.6. Кодово-импульсный шифратор	56
2.2.7. Шифратор на специализированной микросхеме	62
2.3. Шифраторы для аппаратуры пропорционального управления	64
2.3.1. Простой шифратор на транзисторах	64
2.3.2. Двухканальный формирователь на таймере КР1006ВИ1	68
2.3.3. Двухканальный шифратор на микросхеме К564АГ1	72
2.3.4. Шифратор на транзисторах со стабилизацией периода повторения	74
2.3.5. Транзисторный шифратор на базе электронных ключей	87
2.3.6. Многоканальный шифратор на таймерах КР1006ВИ1	92
2.3.7. Многоканальный шифратор на триггерах К561ТВ1	100
2.3.8. Многоканальный шифратор на триггерах Шмидта К561ТЛ1	106
2.3.9. Многоканальный шифратор на мультивибраторах К564АГ1	112
2.3.10. Комбинированный многоканальный шифратор	115



9 795943 873590
ISBN 978-5-94387-358-4

Автор и издательство не несут ответственности за возможный ущерб, причиненный в результате использования материалов данной книги.

Контактные телефоны издательства
(812) 567-70-25, 567-70-26
(044) 516-38-66

Официальный сайт: www.nit.com.ru

© Днищенко В.А.

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2007

ООО «Наука и Техника».

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать Формат 60×88 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 29 п. л.

Тираж 3000 экз. Заказ № .

Отпечатано с готовых диапозитивов в ФГУП ордена Трудового Красного Знамени «Техническая книга» Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
1900005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Глава 3. Передатчики команд	122
3.1. Индукционный передатчик	123
3.2. Инфракрасный передатчик	126
3.3. Лазерный передатчик	129
3.4. Общие сведения о радиопередатчиках	131
3.4.1. Требования к основным характеристикам передатчиков ..	131
3.4.2. Структурная схема радиопередатчика	133
3.4.3. Модуляция	137
3.4.4. Выходные каскады передатчиков	142
3.5. Радиопередатчики с амплитудной манипуляцией	149
3.5.1. Простейший передатчик на одном транзисторе	149
3.5.2. Емкостная трехточка	151
3.5.3. Передатчик на двух транзисторах	153
3.5.4. Передатчик повышенной мощности	156
3.5.5. Передатчик с кварцевой стабилизацией частоты	159
3.5.6. Передатчик с умножением частоты	162
3.5.7. Передатчик на интегральной микросхеме	165
3.5.8. Передатчик мощностью 500 мВт	169
3.6. Передатчики с частотной модуляцией	174
3.6.1. Однотранзисторный передатчик	174
3.6.2. Двухкаскадный передатчик	176
3.6.3. Передатчики на интегральной микросхеме	179
3.6.4. Передатчик повышенной мощности	182
3.7. Расчет выходных каскадов передатчика на заданную мощность ..	187
3.7.1. Расчет дальности действия линии радиоуправления	187
3.7.2. Расчет укороченных антенн	188
3.7.3. Расчет усилителей мощности	191
3.7.4. Расчет выходного П-образного фильтра	195

Глава 4. Приемники команд управления нерадиотехнических диапазонов	197
4.1. Индукционный приемник	198
4.2. Инфракрасные приемники	201
4.2.1. Приемник на транзисторах	201
4.2.2. Приемники на специализированных микросхемах	202
4.3. Лазерный приемник	204

Глава 5. Радиоприемники	207
5.1. Общие сведения о радиоприемниках	208
5.2. Сверхрегенеративные приемники АМ-колебаний	213
5.2.1. Принципы сверхрегенеративного приема	213
5.2.2. Классический сверхрегенератор	238
5.2.3. Сверхрегенератор с УРЧ	240
5.2.4. Сверхрегенератор на транзисторе в барьерном режиме ..	243
5.2.5. Сверхрегенератор на полевом транзисторе	248
5.2.6. Сверхрегенератор на полевом транзисторе с внешней суперизацией	257
5.2.7. Сверхрегенератор с внешней суперизацией на двухзатворном транзисторе	263
5.2.8. Сверхрегенератор с внешней суперизацией и УНЧ на цифровой микросхеме	267
5.3. Супергетеродинные приемники АМ-сигналов	273
5.3.1. Приемник на транзисторах	273
5.3.2. Супергетеродин со смесителем, совмещенным с гетеродином	277
5.3.3. Приемник на интегральной схеме	282
5.3.4. Приемник на двух микросхемах	286
5.3.5. Приемник на микросхеме К174ХА2	289
5.4. Приемники прямого преобразования	293
5.4.1. Особенности работы приемников	293
5.4.2. Приемник на транзисторах	296
5.4.3. Приемник на базе микросхемы К157ХА2	304
5.4.4. Приемник прямого преобразования на микросхеме МС2833	310
5.5. Супергетеродинные приемники ЧМ-сигналов	316
5.5.1. Приемник на ИМС К174УР7 со смесителем на полевом транзисторе	316
5.5.2. Приемник на ИМС К174УР7 со смесителем на биполярном транзисторе	320
5.5.3. Приемник на ИМС К174УР7 со смесителем на К174ПС1 ..	321
5.5.4. Приемник на ИМС К174УР7 со смесителем на SA612А	322
5.5.5. Приемник на микросхеме К147ХА26	323
5.5.6. Приемник на микросхеме МС3361Р	325
5.5.7. Приемник с двойным преобразованием частоты	333
5.5.8. Приемник на микросхеме МС3372	335
5.5.9. Приемник на микросхеме МС3371	339

Глава 6. Дешифраторы команд	342
6.1. Дешифраторы дискретных команд	343
6.1.1. Дешифратор частотно-кодированных сигналов	343
6.1.2. Дешифратор импульсных команд	345
6.1.3. Дешифратор кодово-импульсных команд	348
6.1.4. Дешифратор на специализированной микросхеме	351
6.2. Дешифраторы команд пропорционального управления	352
6.2.1. Двухканальный дешифратор	352
6.2.2. Многоканальные дешифраторы	353
Глава 7. Исполнительные устройства	356
7.1. Исполнительные устройства аппаратуры дискретного управления	357
7.2. Регуляторы хода	364
7.2.1. Первый вариант регулятора хода	364
7.2.2. Второй вариант регулятора хода	369
7.2.3. Третий вариант регулятора хода	374
7.2.4. Четвертый вариант регулятора хода	377
7.2.5. Пятый вариант регулятора хода	379
7.2.6. Шестой вариант регулятора хода	380
7.2.7. Седьмой вариант регулятора хода	382
7.2.8. Восьмой вариант регулятора хода	387
7.2.9. Девятый вариант регулятора хода	391
7.2.10. Десятый вариант регулятора хода	393
7.3. Рулевые машинки	395
7.3.1. Первый вариант рулевой машинки	395
7.3.2. Второй вариант рулевой машинки	397
7.3.3. Третий вариант рулевой машинки	403
7.3.4. Четвертый вариант рулевой машинки	404
7.3.5. Пятый вариант рулевой машинки	404
7.3.6. Шестой вариант рулевой машинки	407
7.3.7. Седьмой вариант рулевой машинки	409
7.3.8. Восьмой вариант рулевой машинки	411
7.3.9. Девятый вариант рулевой машинки	415

Глава 8. Модель автомобиля с пропорциональным управлением	417
8.1. Компоновка модели и схемы	418
8.2. Конструкция заднего моста	424
8.3. Механизм поворота передних колес	426
8.4. Пульт управления	433

Глава 9. Вспомогательные устройства	434
9.1. Преобразователи напряжения для регуляторов хода	435
9.2. Индикатор напряженности поля и измеритель мощности	442
9.3. Устройство для настройки регуляторов хода и рулевых машинок	446
9.4. Зарядное устройство для аккумуляторов	447

Приложение 1. Сверхминиатюрные реле	450
--	------------

Приложение 2. Электродвигатели ДП	452
--	------------

Список литературы	456
------------------------------------	------------

Введение

Моделирование — само по себе очень увлекательное занятие, но наибольший интерес представляет изготовление подвижных, особенно управляемых на расстоянии моделей.

Для оперативного (в режиме реального времени) изменения кинетических параметров, например направления и скорости движения, не обойтись без специальной аппаратуры. Самостоятельному изготовлению такой аппаратуры и посвящена данная книга: разумеется, приобретение готового комплекта (модели и системы управления), при всей его дороговизне, не подарит столько положительных эмоций...

В книге рассмотрены характеристики систем дискретного (передача разовых команд) и пропорционального управления, возможные каналы передачи команд (индукционный, инфракрасный, лазерный и радиочастотный).

В качестве **основного канала передачи** команд управления выбран **радиочастотный** как наиболее универсальный. Рассмотрены особенности построения, достоинства и недостатки передатчиков, приемников амплитудно- и частотно-модулированных сигналов. Для сверхрегенеративных приемников, традиционно входящих в состав систем дистанционного управления, приведено детальное описание самого принципа сверхрегенеративного приема (что должно облегчить настройку аппаратуры и поиск неисправностей) и разработанные автором конструкции сверхрегенераторов с внешней суперизацией.

Предложен и альтернативный вариант — приемник прямого преобразования, сочетающий простоту устройства с высокими характеристиками. Приведены принципиальные схемы таких приемников.

Особое внимание уделено специфическим узлам аппаратуры дистанционного управления: шифраторам и дешифраторам команд, сервоусилителям рулевых машинок и регуляторам хода.

Функциональные блоки унифицированы, что позволяет заменить любой из них аналогичным по назначению, без каких-либо дополнительных согласований по входу и выходу. Иными словами, из этих блоков, как из кубиков, можно конструировать различные варианты систем управления.

Все рассмотренные схемы выполнены на современной элементной базе и сопровождаются подробным описанием принципа работы, рисунками печатных плат, рекомендациями по настройке.

Специально для данной книги разработана конструкция радиоуправляемой модели автомобиля: следуя авторским рекомендациям, читатели могут приобрести опыт изготовления не только аппаратуры дистанционного управления, но и кинематических узлов (привода ходовой части и рулевого механизма), подарить детям оригинальную игрушку, а себе — замечательное хобби!

ГЛАВА 1

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ НА РАССТОЯНИИ

В данной главе рассматриваются общие принципы построения систем дистанционного управления моделями. Автор знакомит читателя со способами кодирования и передачи команд, их восстановления «на борту», исполнительными устройствами.

1.1. Структурная схема командной линии управления

Необходимость использования систем дистанционного управления объектами возникает в различных областях техники — соответствующие устройства постоянно совершенствуются. Различают автономные, неавтономные и комбинированные системы, особенности каждой из них подробно рассмотрены, например в [1]. Применяемая моделистами всего мира аппаратура относится к классу неавтономных систем командного управления. Рассмотрим общие **принципы функционирования** таких систем с помощью структурной схемы (рис. 1.1).

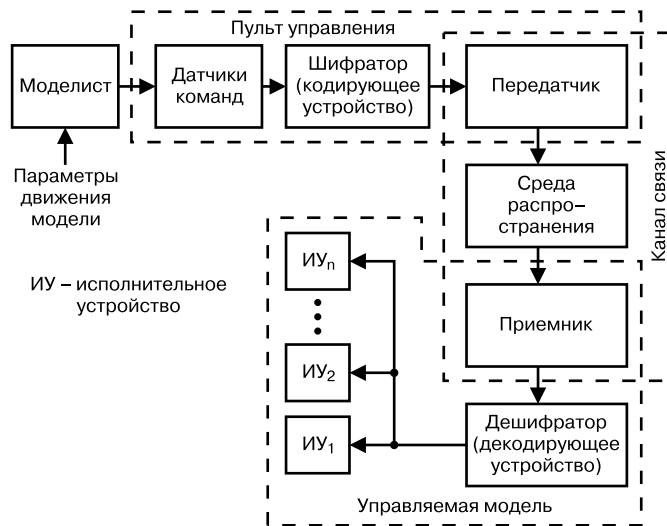


Рис. 1.1. Структурная схема командной линии управления

Моделист получает информацию о параметрах движения модели, как правило, за счет визуального наблюдения. На основе анализа этой информации принимается решение о требуемом наборе команд, подлежащих передаче. Ввод команд осуществляется с помощью соответствующих **датчиков**, входящих в состав пульта управления.

При дистанционном управлении моделями возникает необходимость в передаче на их борт команд двух типов. **Во-первых**, это разовые команды, предназначенные для включения или выключения различных **исполнительных устройств (ИУ)**. Такие команды называют **дискретными**; соответствующая им аппаратура используется в простейших моделях или как составная часть в более сложных.

Датчиком обычно служит **кнопка**, нажатие которой инициирует передачу команды. Разделение каналов передачи дискретных команд реализуется посредством выбора для каждого из них различных модулирующих частот либо применением импульсно-цифрового кодирования.

Второй тип команд предполагает возможность плавного изменения какого-либо параметра движения модели пропорционально углу отклонения соответствующего органа управления на пульте передатчика, обеспечивая большую степень подобия управляемой модели ее реальному прототипу. Для передачи таких команд служит **аппаратура пропорционального управления**.

Набор команд, подлежащих передаче на борт модели, зависит от типа модели и от конкретной текущей ситуации в процессе управления, при этом необходимо обеспечить однозначную идентификацию команд на приемной стороне.

Очевидно, каждая команда должна иметь какой-либо признак, отличающий ее от остальных. Кроме того, команды, вводимые с помощью датчиков, должны представлять собой электрические сигналы. Для решения этих двух задач служит **шифратор (кодирующее устройство)**. Получаемая на его выходе электрическая величина (ток или напряжение) называется **командным сигналом**. При одновременной передаче нескольких команд шифратор должен обеспечивать еще и уплотнение передаваемой информа-

ции. Подробнее эта процедура будет рассмотрена в **разделе 1.2.2** настоящей книги.

Последнее устройство, входящее в состав пульта управления, называется **передатчиком команд**. Он предназначен для преобразования командного сигнала в вид, удобный для его дистанционной передачи на управляемую модель. Передатчик, среда распространения сигнала и приемник, находящийся на борту управляемой модели, принято называть **каналом связи**. В зависимости от среды распространения и используемых сигналов, каналы связи подразделяются на группы:

- ♦ проводные;
- ♦ индукционные;
- ♦ инфракрасные;
- ♦ оптические;
- ♦ радиочастотные.

Все они, за исключением проводных, будут рассмотрены в этой книге.

Приемник обычно выполняет три функции:

- ♦ **во-первых**, обеспечивает выделение полезного сигнала на фоне множества посторонних, как правило, присутствующих в среде распространения;
- ♦ **во-вторых**, сигнал в среде распространения существенно затухает, и требуется его усиление, часто весьма значительное;
- ♦ **в-третьих**, в приемнике производится преобразование принятого сигнала опять в командный, аналогичный тому, который имел место на выходе шифратора.

Декодирующее устройство, на основе отличительных признаков принятого командного сигнала, направляет его в соответствующее **исполнительное устройство**. В качестве такового, в случае передачи дискретной команды, выступают электромеханические и электронные реле. При пропорциональном управлении это регуляторы хода или рулевые машинки, назначение и устройство которых подробно описано в **главе 4**. Максимальное количество исполнительных устройств, устанавливаемых на одну модель, обычно не превышает 8—10.

В заключение отмечу, что весьма заманчиво установить на управляемую модель миниатюрную телекамеру с передатчиком. Такие устройства широко представлены в торговой сети в составе различных охранных систем. В этом случае управление производится по экрану монитора, что создает практически полную иллюзию нахождения внутри управляемой модели.

1.2. Способы кодирования и передачи команд

1.2.1. Дискретное управление

Как отмечалось выше, дискретная команда задается в простейшем случае нажатием кнопки на пульте управления, т. е. замыканием (или размыканием) какой-либо электрической цепи. **Шифратор** такого типа принято называть **одноканальным**. Несмотря на простоту, аналогичное устройство можно использовать и для кодирования нескольких различных команд. Каждой команде (каналу) при этом соответствует различное количество нажатий кнопки за определенный фиксированный промежуток времени. Командный сигнал, в этом случае, представляет совокупность нескольких импульсов.

В декодирующем устройстве решение о значении принятой команды принимается по результатам подсчета количества импульсов за этот фиксированный промежуток. Долгое время такой принцип кодирования был основным в арсенале модельеров, разрабатывались даже устройства пропорционального управления, но последние были крайне неудобны в использовании.

Следующим этапом развития многоканальной аппаратуры стало применение **частотного кодирования**. Различным командам при этом соответствуют кнопки с различными номерами (названиями). Вырабатываемый шифратором командный сигнал для каждого из каналов представляет собой низкочастотное колебание определенной частоты.

Дешифратор на приемной стороне представляет собой набор узкополосных фильтров, настроенных на соответствующие

частоты. Входы этих фильтров соединены параллельно. По номеру фильтра, на выходе которого появился сигнал, и судят о назначении переданной команды. Аппаратура дискретного управления в таком варианте может иметь до десяти независимых каналов с возможностью одновременной работы на трех из них.

При выборе значений кодовых частот для многоканальной аппаратуры необходимо учитывать два момента:

- ♦ **во-первых**, ширина спектра излучаемого сигнала Δf_c , например при амплитудной модуляции, равна удвоенному значению модулирующей частоты F_m , т. е.

$$\Delta f_c = 2F_m.$$

Регламентирующие документы требуют, чтобы ширина спектра не превышала 20 кГц. Очевидно, максимальная модулирующая частота не должна превышать 10 кГц;

- ♦ **во-вторых**, командный сигнал на выходе приемника часто представляет собой сильно искаженное гармоническое колебание, а то и вовсе прямоугольные импульсы (меандр).

В этих случаях в спектре командного сигнала помимо основной гармоники присутствуют так называемые **высшие (кратные) гармоники** — колебания, частоты которых в целое число раз превышают основную частоту. Подробнее понятие спектра рассмотрено **в разделе 4.4.1**.

Очевидно, кодовые частоты должны быть распределены таким образом, чтобы кратные частоты низкочастотных каналов не совпадали с частотами последующих каналов. В противном случае возможны ложные срабатывания дешифраторов. Примерное распределение частот (в килогерцах) для десятиканальной аппаратуры может представлять ряд

$$0,75; 0,9; 1,08; 1,32; 1,61; 1,97; 2,4; 2,94; 3,58; 4,37.$$

Дешифратор на приемной стороне (**рис. 1.1**) должен содержать фильтры, настроенные на эти частоты, являющиеся достаточно низкими. Катушки индуктивности и конденсаторы филь-