

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	7
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ MICROCAP-8.....	9
Возможности программы MICROCAP-8 .....	9
Графические возможности .....	9
Моделирование .....	10
Синтез аналоговых фильтров .....	12
Создание новых моделей компонентов.....	12
Основные возможности обработки результатов анализа .....	13
Отличительные особенности MICROCAP-8 по сравнению с MICROCAP-7.....	14
2. КРАТКИЙ ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ЭКСКУРС .....	19
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ДЛЯ НАЧАЛА РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ MICROCAP-8 .....	19
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРНОГО КАСКАДА .....	21
АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В ДВУХТАКТНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ.....	25
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОБРАТНОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....	30
СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО АВТОМАТА .....	35
ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	40
3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ .....	43
Установка MICROCAP-8 .....	43
Основные файлы каталога MICROCAP-8 .....	44
Корневой каталог MC8 .....	44
Подкаталог DATA .....	45
Подкаталог LIBRARY.....	46
ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА .....	47
Главное окно программы .....	47
Основные команды меню .....	49
Пункт меню FILE .....	49
Пункт меню EDIT .....	52
Пункт меню COMPONENT .....	56
Пункт меню Windows .....	64
Пункт меню OPTIONS .....	65
Пункт меню ANALYSIS .....	78
Пункт меню DESIGN.....	80
Пункт меню MODEL.....	80
4. ФОРМАТЫ ЗАДАНИЯ КОМПОНЕНТОВ .....	81
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	81
Числа.....	82
ПЕРЕМЕННЫЕ .....	83
ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛЕЙ .....	85

ПРИМЕРЫ ВЫРАЖЕНИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В MC8 .....	85
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ И ФУНКЦИИ .....	86
Арифметические операции.....	86
Операции с логическими переменными .....	86
Трансцендентные функции.....	87
Стандартные булевы операции и операции отношения .....	88
Предельные и условные операторы.....	89
Операторы обработки сигналов.....	89
Операторы численного интегрирования и дифференцирования.....	90
Специальные функции.....	91
Функции генерации случайных чисел RND .....	93
Примеры использования выражений с переменными в MC8 .....	93
ПРАВИЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫРАЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕННЫХ .....	94
ТЕКСТОВЫЕ ДИРЕКТИВЫ .....	95
5. МОДЕЛИ АНАЛОГОВЫХ КОМПОНЕНТОВ.....	110
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОДЕЛЯХ КОМПОНЕНТОВ .....	110
ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ .....	111
Резистор (Resistor) .....	112
Конденсатор (Capacitor).....	115
Катушка индуктивности (Inductor).....	118
Взаимная индуктивность и магнитный сердечник .....	120
Трансформатор (Transformer) .....	124
Длинная линия (Tline).....	125
ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ.....	128
Независимые источники постоянного напряжения и тока.....	128
Источники сигнала, зависящего от времени в формате MicroCap .....	129
Независимые источники напряжения и тока сложной формы формата SPICE .....	133
ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАВИСИМЫЕ ИСТОЧНИКИ.....	142
Линейные и полиномиальные зависимые источники .....	142
Линейные управляемые источники, задаваемые преобразованиями Лапласа и Z-преобразованиями.....	145
Функциональные источники сигналов.....	149
СПЕЦИАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ .....	152
Ключи типа Switch .....	152
S (V-switch) – ключ, управляемый напряжением .....	153
W (I-switch) – ключ, управляемый током.....	155
Устройство выборки-хранения (Sample and Hold) .....	156
Таймер (Timer).....	158
Стрелки (Arrow) и контакты (Bubble) .....	159
МАКРОМОДЕЛИ .....	160
Макромодели в виде схемы формата MicroCap (MACRO circuit ) .....	160
Макромодели в виде текстовой подсхемы на языке SPICE.....	161
ЭЛЕМЕНТЫ АНИМАЦИИ .....	163
Аналоговая индикаторная линейка (Animated analog bar) .....	164
Разноцветные светодиоды (Animated analog LED).....	164
Двигатель постоянного тока (Animated DC motor) .....	165
Ключи типа DPST, SPDT, SPST (Animated DPST Switch, Animated SPDT Switch, Animated SPST switch) .....	165
Вольтамперметр (Animated meter).....	166

Электромагнитное реле (Animated relay).....	167
Светофор (Animated traffic light) .....	168
Цифровой сигнальный ключ (Digital switch).....	168
Цифровой индикатор (LED) .....	169
Семисегментный индикатор (Seven segment).....	169
N-ПОЛЮСНИКИ.....	170
6. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ .....	172
Анализ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ .....	172
Краткие теоретические сведения.....	172
Задание параметров моделирования Transient Analysis Limits .....	174
Меню режимов расчета переходных процессов Transient .....	181
Задание начальных значений и редактирование переменных состояния.....	183
Использование табличного вывода данных.....	186
Анализ по ПЕРЕМЕННОМУ ТОКУ НА МАЛОМ СИГНАЛЕ.....	187
Краткие теоретические сведения.....	187
Правила составления задания для частотного анализа .....	190
Задание параметров моделирования AC Analysis Limits .....	191
Меню режимов расчета частотных характеристик AC .....	198
Использование табличного вывода данных.....	199
Расчет уровня внутреннего шума .....	200
Дополнительная информация по проведению AC-анализа.....	201
Анализ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ.....	204
Задание параметров моделирования DC Analysis Limits .....	204
Меню режимов расчета передаточных функций DC .....	209
Использование табличного вывода данных.....	210
Проблемы сходимости.....	211
ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЖИМА ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ.....	211
Особенности использования кнопок отображения режима по постоянному току в Transient- и AC-анализе .....	213
Окно Dynamic DC Limits .....	213
ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ .....	215
Установки диалогового окна Dynamic AC Limits.....	216
Анализ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЕЙ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ .....	219
Установки диалогового окна Sensitivity Analysis .....	219
Пример использования анализа чувствительности.....	221
Анализ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ .....	222
Диалоговое окно анализа Transfer Function .....	223
Анализ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ.....	224
Задание параметров моделирования Distortion Analysis Limits .....	224
7. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ АНАЛИЗА.....	228
Многовариантный анализ (STEPPING).....	228
Алгоритм работы режима Stepping .....	229
Диалоговое окно Stepping.....	229
Статистический анализ по методу Монте-Карло .....	233
Основные сведения об анализе Монте-Карло .....	234
Диалоговое окно Monte Carlo Options .....	240
Использование функций Performance и построение гистограмм .....	242
ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ .....	244

Принцип работы оптимизатора MC8.....	245
Диалоговое окно Optimize.....	245
Оптимизация амплитудно-частотной характеристики.....	248
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (АНАЛИЗ ФУРЬЕ).....	251
Принцип работы функций спектрального анализа.....	252
Функции на основе быстрого преобразования Фурье (FFT-функции).....	253
Пример использования FFT-функций.....	257
Закладка FFT диалогового окна Plot Properties.....	260
Окно для построения спектральных функций FFT window.....	262
<b>8. ПРОСМОТР И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>	<b>264</b>
Дополнительные возможности при построении графиков.....	264
Окно отображения результатов моделирования.....	264
Панорамирование и масштабирование окна результатов моделирования.....	265
Нанесение на графики размерных линий и координат отдельных точек.....	266
Режим Cursor mode.....	268
РЕЖИМ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛУПЫ SCOPE.....	269
Диалоговое окно PROPERTIES.....	272
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ PERFORMANCE.....	278
Обработка результатов моделирования в режиме Go to Performance.....	278
Построение графиков функций Performance.....	279
Функции Performance.....	280
Вывод графиков характеристик в режиме PROBE.....	284
Принципы работы постпроцессора Probe.....	284
Команды режима Probe.....	285
АНИМАЦИЯ.....	288
Действия, производимые программой в процессе анимации.....	289
Диалоговое окно Animate Options.....	290
ТРЕХМЕРНЫЕ ГРАФИКИ.....	291
<b>9. СИНТЕЗ АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ ФИЛЬТРОВ.....</b>	<b>295</b>
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ФИЛЬТРОВ.....	295
Нормированные частотные характеристики для различных фильтров 2-го порядка.....	296
СИНТЕЗ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ.....	297
Окно диалога синтеза активных фильтров.....	298
Списки компонентов (Component lists).....	309
Задание параметров фильтра в режиме Mode 1.....	311
Параметры фильтра, указываемые в режиме Mode 2.....	314
СИНТЕЗ ПАССИВНЫХ ФИЛЬТРОВ.....	315
Математическое описание фильтров.....	315
Диалоговое окно синтеза пассивных фильтров.....	317
<b>10. ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ АНАЛОГОВЫХ КОМПОНЕНТОВ MODEL.....</b>	<b>321</b>
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ MODEL.....	321
ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ MODEL.....	321
Меню MODEL.....	322
РАБОТА С ПРОГРАММОЙ MODEL.....	325

11. МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И ВЫЧИСЛЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MODEL.....	332
МАГНИТНЫЙ СЕРДЕЧНИК.....	332
Модель магнитного сердечника.....	332
Параметры модели нелинейного магнитного сердечника.....	335
Основные уравнения модели нелинейного магнитного сердечника.....	336
Определение параметров модели в программе MODEL.....	338
Диод и СТАБИЛИТРОН.....	340
Модель диода (Diode) и стабилитрона (Zener).....	340
Параметры модели диода.....	340
Основные уравнения работы диода в программе MC8.....	342
Нахождение параметров модели диода.....	344
Биполярные ТРАНЗИСТОРЫ VJT.....	345
Модель биполярного транзистора VJT.....	345
Параметры модели биполярного транзистора.....	346
Основные уравнения работы биполярного транзистора в MC8.....	348
Нахождение параметров модели биполярного транзистора.....	352
ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ JFET.....	355
Модель полевого транзистора JFET.....	355
Параметры модели полевого транзистора.....	353
Основные уравнения математической модели JFET.....	356
Определение параметров модели полевого транзистора JFET.....	358
МОП-ТРАНЗИСТОРЫ MOSFET.....	360
Модель транзистора с изолированным затвором MOSFET.....	360
Параметры модели транзистора с изолированным затвором MOSFET.....	362
Основные уравнения модели MOSFET.....	365
Определение параметров модели МОП-транзистора.....	369
ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ OPAMP.....	371
Модель операционного усилителя.....	371
Параметры модели операционного усилителя.....	372
Уравнения модели операционного усилителя.....	375
Определение параметров модели операционного усилителя.....	378
АРСЕНИД-ГАЛЛИЕВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ GaAsFET.....	379
Модель арсенид-галлиевого полевого транзистора.....	379
Параметры модели арсенид-галлиевого полевого транзистора.....	380
Уравнения математической модели GaAsFET.....	382
12. ТРАНСЛЯТОР IBIS.....	385
Что такое IBIS-ТРАНСЛЯТОР.....	385
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ IBIS-ТРАНСЛЯТОРА.....	385
ПРИМЕР ТРАНСЛЯЦИИ IBIS-ФАЙЛА.....	388
13. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ.....	392
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	392
Цифровые узлы.....	392
Цифровые состояния.....	392
Временные модели (Timing models).....	395
Задержки распространения сигналов (Propagation delays).....	397
Цифровые задержки и интервалы неоднозначности сигналов.....	399
Паразитные импульсы вследствие логических соединений.....	400
Модель вход-выход, аналоговый и цифровой интерфейсы.....	402

Модели цифровых компонентов .....	405
Общий формат цифровых примитивов .....	405
Логические вентили (Gates).....	410
Триггеры.....	413
Подтягивающие резисторы Pullup и pulldown .....	418
Цифровая безынерционная линия задержки .....	418
Программируемые логические матрицы .....	419
Многоразрядные аналого-цифровые преобразователи.....	424
Многоразрядные цифроаналоговые преобразователи .....	425
Функциональные цифровые блоки .....	427
Логические выражения (Logic Expressions) .....	428
ГЕНЕРАТОРЫ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ (STIMULUS GENERATORS) .....	431
Генераторы сигналов типа STIM.....	431
Цифровые файловые генераторы сигналов FSTIM .....	435
Модель вход-выход (I/O MODEL).....	439
Цифроаналоговый интерфейс .....	441
Аналого-цифровой интерфейс .....	443
<i>Приложение. СХЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАТАЛОГА DATA</i> .....	446
ЛИТЕРАТУРА .....	458