

# Altium Designer

## сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах

### 3-е издание

- *Формирование библиотек компонентной базы*
- *Проектирование электрической принципиальной схемы*
- *Схемотехническое моделирование в Altium Designer*
- *Ручная и автоматическая трассировка печатного монтажа*
- *Моделирование паразитных эффектов в печатном монтаже*
- *Проектирование гибко-жестких печатных плат*
- *Скрытые компоненты на внутренних слоях многослойной платы*
- *Функция Multi-Board Design для объединения нескольких проектов в одном*
- *Расширение GOST BOM для формирования документов по ЕСКД*
- *Расширение PCB Draftsman для формирования рабочих чертежей печатного узла*
- *Коллективная работа на облачной платформе Altium 365*

# Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>11</b>
<b>Глава 1. Состав и базовые концепции Altium Designer</b> .....	<b>13</b>
1.1. Основные функции Altium Designer .....	13
1.2. Интерфейс Altium Designer .....	14
1.2.1. Интерфейс Altium Designer 18+ .....	14
1.2.2. Панели рабочего пространства .....	15
Категории панелей .....	16
Активизация панелей и управление их расположением в главном окне программы .....	18
1.3. Проект и рабочее пространство Altium Designer .....	20
1.3.1. Виды проектов Altium Designer .....	20
1.3.2. Управление рабочим пространством .....	21
1.3.3. Создание нового проекта .....	22
1.3.4. Включение документов в проект и исключение из него .....	23
1.3.5. Работа с документами проекта .....	25
1.3.6. Предварительный просмотр документов проекта .....	26
<b>Глава 2. Библиотеки компонентной базы</b> .....	<b>27</b>
2.1. Базовые концепции библиотечного обеспечения .....	27
2.2. Настройка конфигурации графического редактора схемных библиотек .....	28
2.3. Создание проекта интегрированной библиотеки .....	34
2.3.1. Формирование компонента схемной библиотеки .....	36
2.3.2. Присоединение электрических выводов .....	38
2.3.3. Параметрическая информация .....	40
2.3.4. Многосекционные компоненты .....	42
2.3.5. Формирование схемных символов интегральных микросхем .....	42
2.4. Библиотеки топологических посадочных мест .....	46
2.4.1. Настройка конфигурации графического редактора ТПМ .....	46
2.4.2. Формирование топологического посадочного места .....	48
Способы формирования ТПМ с чистого листа и по команде <i>Tools   New Blank Footprint</i> .....	48
Формирование ТПМ с использованием мастера <i>Footprint Wizard</i> .....	51
Формирование ТПМ с использованием мастера <i>IPC Compliant Footprint Wizard</i> .....	52

Формирование ТПМ с использованием пакетного генератора топологических посадочных мест.....	56
2.5. Присоединение моделей к схемному компоненту.....	59
2.5.1. Присоединение модели посадочного места.....	60
2.5.2. Присоединение SPICE-модели.....	61
2.5.3. Присоединение моделей Signal Integrity.....	63
2.6. Формирование и подключение трехмерных моделей компонентов.....	65
2.6.1. Указание высоты компонентов.....	65
2.6.2. Формирование трехмерного образа компонентов.....	65
2.6.4. Присоединение трехмерного образа к ТПМ вручную.....	66
2.6.5. Интерактивное присоединение трехмерного образа ТПМ.....	68
2.6.6. Присоединение трехмерной STEP-модели.....	70
2.7. Компиляция интегрированной библиотеки.....	72
2.8. Функции управления библиотечными компонентами.....	73
2.9. Поиск компонентов на ресурсах производителя/поставщика.....	78
2.10. Связь библиотек Altium Designer с внешними базами данных.....	80
2.10.1. Образование DBLib-файла.....	82
2.10.2. Использование компонентов DBLib-библиотеки.....	86
2.11. Связь компонента и его схемотехнической модели во внешней базе данных.....	88
2.12. Формирование базы данных из интегрированной библиотеки.....	91
2.13. Преобразование DBLib-структуры в интегрированную библиотеку.....	93
2.14. Управление компонентами нового поколения в старших версиях Altium Designer.....	95
<b>Глава 3. Настройка конфигурации графических редакторов.....</b>	<b>99</b>
3.1. Конфигурация графического редактора схем.....	99
3.1.1. Общие настройки рабочего пространства.....	99
3.1.2. Лист схемы по ЕСКД.....	100
3.2. Настройка конфигурации графического редактора печатной платы.....	105
3.2.1. Задание размеров листа.....	105
3.2.2. Система захвата объектов в Altium Designer.....	107
3.2.3. Геометрия заготовки печатной платы.....	113
Черчение заготовки в открытом PCB-документе.....	113
Черчение контура вводом координат с клавиатуры.....	114
Импорт контура заготовки платы из AutoCAD.....	115
3.2.4. Слои графического редактора печатной платы.....	117
3.2.5. Менеджер структуры слоев.....	121
3.2.6. Настройка правил проектирования.....	127
3.2.7. Барьеры трассировки.....	128
3.2.8. Подключение бланка форматки стандартных листов.....	130
<b>Глава 4. Формирование и редактирование электрической схемы.....</b>	<b>131</b>
4.1. Размещение объектов на поле чертежа.....	131
4.1.1. Размещение схемных символов.....	132
4.1.2. Черчение линий электрической связи.....	138
Прокладка проводников.....	138
Формирование изломов проводника.....	139
Соединение и пересечение проводников.....	139
4.1.3. Имена и признаки связности цепей.....	139
4.1.4. Линии групповой связи.....	144

4.2. Редактирование электрической схемы.....	146
4.2.1. Редактирование проводников.....	146
Перемещение изломов проводника .....	146
Перемещение сегментов проводника .....	147
Продолжение проводника.....	147
Разрыв проводника.....	147
4.2.2. Перемещение компонентов .....	148
4.2.3. Копирование и вставка копий .....	150
4.2.4. Присвоение позиционных обозначений .....	150
4.2.5. Присвоение значений параметрам компонентов .....	153
4.2.6. Группирование цепей в классы и присвоение параметров .....	156
4.3. Схемные документы многоканального проекта .....	158
4.4. Иерархический элемент <i>Device Sheet Symbol</i> .....	161
4.5. Объединение связей в жгуты .....	167
4.6. Связность цепей в многolistовых схемных документах .....	171
4.7. Компиляция проекта.....	173
4.8. «Горячая связь» объектов схемного документа и печатной платы .....	174
<b>Глава 5. Проектирование печатной платы.....</b>	<b>177</b>
5.1. Передача схемы в среду проектирования печатной платы .....	177
5.2. Группирование объектов в классы .....	178
5.3. Настройка правил проектирования .....	180
5.3.1. Трассы печатного монтажа и зазоры .....	181
5.3.2. Стиль подключения переходных отверстий к областям металлизации.....	185
5.4. Приоритеты правил .....	188
5.5. Порядок применения правил .....	189
5.5.1. Контроль наложения правил на объекты .....	190
5.5.2. Обзор объектов, подпадающих под правило .....	191
5.6. Размещение компонентов на печатной плате.....	193
5.7. Средства автоматизации размещения .....	197
<b>Глава 6. Трассировка печатного монтажа .....</b>	<b>201</b>
6.1. Выделение связи, подлежащей трассировке .....	202
6.2. Прокладка сегментов печатной трассы .....	205
6.3. Разрешение конфликтов.....	210
6.3.1. Способы разрешения конфликтов, характерные для ранних версий Altium Designer .....	211
6.3.2. Развитие функций разрешения конфликтов в Altium Designer 20.....	212
6.4. Управление шириной печатного проводника .....	215
6.5. Изменение параметров переходных отверстий.....	217
6.6. Разводка групповых трасс.....	219
6.7. Функция трассировки <i>ActiveRoute</i> .....	222
6.8. Подстройка длины трасс при разводке .....	225
6.9. Редактирование готовой разводки.....	228
6.10. Трассировка дифференциальных пар .....	233
6.10.1. Объявление дифференциальной пары .....	236
Дифференциальные пары в редакторе электрической схемы .....	236
Дифференциальные пары в редакторе печатной платы .....	236
6.10.2. Правила трассировки дифференциальных пар .....	238

6.10.3. Трассировка дифференциальной пары .....	240
6.10.4. Подстройка длины печатных проводников .....	241
6.11. Трассировка с контролем импеданса .....	244
6.12. Функция <i>xSignal</i> — проектирование быстродействующих узлов .....	246
6.12.1. Способы образования структуры <i>xSignal</i> .....	248
Х-сигнал для выбранных контактов .....	248
Х-сигнал для цепей, разделенных согласующим компонентом .....	249
Х-сигнал, соединяющий выбранные компоненты .....	250
Х-сигнал для сегментов цепи .....	251
Точки разветвления цепей .....	251
6.12.2. Функции «помощника» <i>xSignals Wizard</i> .....	252
6.12.3. Выравнивание длины сегментов печатных проводников .....	257
6.13. Трассировка многоканального проекта .....	258
6.13.1. Определение конфигурации каналов на печатной плате .....	258
6.13.2. Проектирование печатной платы .....	260
6.13.3. Трассировка печатной платы .....	261
6.14. Автоматическая трассировка печатного монтажа .....	264
6.14.1. Стратегии и проходы автотрассировки .....	264
6.14.2. Правила и отчеты автотрассировщика .....	267
6.14.3. Автотрассировка .....	268
6.14.4. Отчет автотрассировщика .....	272
6.15. Верификация РСВ-проекта .....	274
6.16. Аддитивная технология печатного монтажа .....	276

## **Глава 7. Редактирование РСВ-документа .....**

7.1. Перестановки электрических контактов и логических ячеек (Pin/Part Swapping) .....	281
7.1.1. Перестановки на печатной плате .....	283
7.1.2. Передача результатов переключения в схему .....	287
7.2. Полигоны металлизации в сигнальных слоях .....	290
7.2.1. Области металлизации типа <i>Fill</i> .....	290
7.2.2. Области металлизации <i>Solid Region</i> .....	291
7.2.3. Полигоны металлизации <i>Polygon Pour</i> .....	292
7.2.4. Редактирование полигона <i>Polygon Pour</i> .....	296
Перемещение полигона .....	296
Редактирование контуров полигона .....	297
Рассечение полигона на части .....	297
Вырезы в полигоне .....	298
«Складывание полигонов на полку» .....	298
Работа в среде Менеджера полигонов .....	298
7.2.5. Экспорт полигонов металлизации .....	299
7.3. Редактирование множественных объектов .....	300
7.3.1. Редактирование геометрии объектов-примитивов .....	300
7.3.2. Редактирование параметров групповых объектов .....	304
7.3.3. Редактирование шрифта текстовых строк .....	306
7.4. Добавление и удаление связей на печатной плате .....	307
7.5. Управление вариантами исполнения проекта .....	310
7.5.1. Определение вариантов проекта .....	311
7.5.2. Редактирование вариантов .....	316
Изменение порядка следования вариантов .....	316

Удаление варианта .....	316
Дублирование варианта .....	316
Определение формы отображения компонентов альтернативного варианта .....	316
Редактирование параметров компонентов .....	318
7.5.3. Отображение вариантов в документах проекта .....	318
Схемные документы проекта .....	318
Документ печатной платы .....	320
Распечатка сборки .....	320
Текстовые конструкторские документы .....	321
7.6. Гибкие и гибко-жесткие печатные платы .....	322
7.6.1. Настройка структуры слоев .....	323
7.6.2. Разделение контура платы на жесткие и гибкие регионы .....	326
7.6.3. Линии изгиба шлейфов .....	327
7.7. Компоненты на внутренних слоях печатной платы .....	329
7.8. Развитие функций редактирования в Altium Designer 20 .....	332
7.9. Создание видеороликов .....	337
<b>Глава 8. Моделирование в Altium Designer .....</b>	<b>341</b>
8.1. Схемотехническое моделирование аналоговых функциональных узлов .....	342
8.1.1. Язык моделирования .....	342
8.1.2. Модели компонентов .....	342
8.1.3. Подготовка схемы к моделированию .....	349
8.1.4. Задание на моделирование .....	349
8.1.5. Анализ цепи по постоянному току .....	354
8.1.6. Анализ частотной характеристики цепи .....	359
8.1.7. Параметрический анализ .....	362
8.1.8. Представление результатов моделирования .....	365
8.1.9. Анализ переходных процессов .....	370
8.1.10. Анализ функции передачи по постоянному току .....	377
8.1.11. Анализ нулей и полюсов передаточной функции .....	377
8.1.12. Моделирование случайных разбросов параметров компонентов .....	380
8.1.13. Моделирование шумовых характеристик .....	387
8.1.14. Моделирование вариаций температуры .....	389
8.2. Моделирование цифровых функциональных узлов .....	390
8.2.1. Язык описания моделей цифровых компонентов .....	391
8.2.2. Подключение моделей цифровых компонентов .....	396
8.2.3. Подготовка библиотеки компонентов .....	404
8.2.4. Подготовка схемы и моделирование .....	405
Синхронный формирователь одиночного импульса .....	406
Четырехразрядный реверсивный двоично-десятичный счетчик с дешифратором .....	410
8.2.5. Заключение .....	412
8.3. Моделирование паразитных эффектов в печатном монтаже .....	412
8.3.1. Предварительные замечания .....	413
8.3.2. Присоединение IBIS-моделей к компонентам проекта .....	416
8.4. Выполнение анализа Signal Integrity .....	421
8.4.1. Моделирование отражений .....	427
8.4.2. Моделирование взаимных наводок .....	429
8.4.3. Заключение .....	431

<b>Глава 9. Многоплатный проект Altium Designer .....</b>	<b>433</b>
9.1. Создание многоплатного проекта .....	434
9.2. Формирование схемного документа .....	435
9.3. Формирование многоплатной сборки .....	442
<b>Глава 10. Обмен данными и экспорт результатов проекта .....</b>	<b>453</b>
10.1. Экспорт в AutoCAD .....	454
10.2. Экспорт в PDF-формат Adobe Acrobat .....	457
10.3. Послойные распечатки проекта .....	458
10.4. Формирование распечатки видов сборки узла .....	462
10.5. Экспорт данных для сверловки .....	462
10.6. Экспорт в формат фотоплоттера Gerber .....	467
10.7. Экспорт в формат ODB++ .....	475
10.8. Новые форматы данных для автоматизированного производственного оборудования .....	477
10.8.1. Формат Gerber X2 .....	478
10.8.2. Формат IPC-2581 .....	481
<b>Глава 11. Формирование текстовых конструкторских документов .....</b>	<b>485</b>
11.1. Текстовые документы в Altium Designer 15–17 .....	486
11.2. Текстовые документы в Altium Designer 18–20 .....	493
11.2.1. Перечень элементов и ведомость покупных изделий .....	494
11.2.2. Спецификация .....	495
11.2.3. Ведомость покупных изделий .....	499
11.2.4. Групповые документы .....	500
<b>Глава 12. Формирование конструкторской документации средствами PCB Draftsman .....</b>	<b>501</b>
12.1. Формирование документа Draftsman .....	502
12.2. Сборочный чертеж печатного узла .....	506
12.2.1. Размещение и управление видами .....	506
12.2.2. Нанесение размеров и предельных отклонений .....	518
12.2.3. Текстовые технические требования .....	521
12.3. Чертеж печатной платы .....	522
12.3.1. Подготовка листа .....	522
12.3.2. Формирование послойных видов .....	523
12.3.3. Структура слоев печатной платы .....	525
12.3.4. Карта сверловки и таблица отверстий .....	528
12.3.5. Список материалов .....	530
12.3.6. Обозначение шероховатости поверхностей .....	531
12.3.7. Обозначение допусков формы и расположения поверхностей .....	532
12.3.8. Координатная сетка .....	534
12.3.9. Обозначения маркировки и клеймения .....	536
12.3.10. Чертежи многовариантного проекта .....	538
12.3.11. Многослойная печатная плата .....	539
12.4. Глобальные настройки чертежей Draftsman .....	540
12.5. Шаблоны листа и документа .....	540
12.6. Заключение .....	541

<b>Глава 13. Работа Altium Designer под управлением систем контроля версий</b> .....	<b>543</b>
13.1. Установление связи с системой управления версиями .....	544
13.2. Управление версиями проектных документов .....	546
13.2.1. Вызов панели <i>Storage Manager</i> .....	546
13.2.2. Присоединение документов к базе данных системы контроля версий .....	547
13.2.3. Работа с проектными документами .....	548
13.3. Библиотеки под контролем версий .....	550
13.3.1. Ведение библиотек .....	551
13.3.2. Расщепление библиотек .....	551
13.3.3. Создание библиотеки SVN Database Library .....	554
13.3.4. Редактирование таблиц базы данных из оболочки SVNDBLib .....	556
13.3.5. Использование библиотек разработчиком проектов .....	559
13.4. Заключение .....	560
<b>Глава 14. Скрипт-проект Altium Designer</b> .....	<b>561</b>
14.1. Формирование и исполнение скрипт-единицы .....	563
14.2. Формирование и исполнение скрипт-формы .....	565
18.3. Заключение .....	570
<b>Список литературы</b> .....	<b>573</b>
<b>Глоссарий</b> .....	<b>575</b>
<b>Предметный указатель</b> .....	<b>583</b>

\* \* \*

## Глава из электронного архива<sup>1</sup>

<b>Глава 15. Возможности коллективной работы на облачной платформе Altium 365</b> .....	<b>1</b>
15.1. Организация команды исполнителей .....	1
15.2. Миграция библиотек .....	4
15.3. Поиск компонентов в централизованной библиотеке .....	9

<sup>1</sup> Можно скачать с FTP-сервера издательства «БХВ» по ссылке: <ftp://ftp.bhv.ru/9785977567671.zip>, а также со страницы книги на сайте <https://bhv.ru/>