

# Оглавление

Глава 1. Введение в специальность . . . . .	8
1.1. Об этой книге . . . . .	8
1.2. Инженер по встраиваемым системам — кто он? . . . . .	11
Глава 2. Образование . . . . .	13
2.1. Традиционное образование как путь в технику встраиваемых систем . . . . .	13
2.2. Как обойтись без традиционного образования и получить его впоследствии . . . . .	20
2.3. Я пишу ПО — насколько хорошо я должен знать электронику? . . . . .	33
2.4. Образовательные ловушки, тупики и аферы, которых следует избегать . . . . .	37
2.5. Практические навыки, которые вам надо получить . . . . .	43
Глава 3. Учимся сами, снизу вверх. Маленькие встраиваемые системы . . . . .	48
3.1. Целевая аудитория . . . . .	48
3.2. Варианты микроконтроллера 8051 фирмы Intel и других . . . . .	52
3.3. Atmel AVR . . . . .	65
3.4. MSP430 компании Texas Instruments . . . . .	76
3.5. PICmicro компании Microchip . . . . .	86
3.6. Менее распространенные специализированные архитектуры . . . . .	94
3.7. Какой язык программирования мне следует выучить? C++, C и ассемблер в небольших встраиваемых системах . . . . .	100
3.8. Немного возмущений по поводу защищенных от копирования средств проектирования . . . . .	105
3.9. Пример 8-битного проекта с использованием AVR и бесплатного инструментария . . . . .	109
Глава 4. Учимся сами, сверху вниз. Большие встраиваемые системы . . . . .	147
4.1. Целевая аудитория . . . . .	147
4.2. Встраиваемые системы на основе x86 . . . . .	149
4.3. Встраиваемые системы на основе ARM . . . . .	164
4.4. PowerPC . . . . .	178
4.5. Linux . . . . .	183
4.6. eCos . . . . .	194
4.7. Какой язык программирования мне следует выучить для работы с крупными встраиваемыми системами? . . . . .	197
4.8. О проблеме выбора чипа . . . . .	199
Глава 5. Сам себе инженер . . . . .	205
5.1. Работа на самого себя? Риски и преимущества . . . . .	205
5.2. От совместительства к статусу консультанта. Бухгалтерия, налоги и объём работ . . . . .	208

---

5.3. Способы найти и удержать заказчиков . . . . .	216
5.4. Итеративные проекты: нескончаемый ужас? . . . . .	221
5.5. Оценивайте свои услуги должным образом . . . . .	226
5.6. Выработайте свою собственную, наиболее подходящую вам систему работы . . . . .	230
5.7. Не просто рукопожатие, или О важности контрактов . . . . .	234
<b>Глава 6. Работа в небольшой компании . . . . .</b>	<b>238</b>
6.1. Анализируйте свои цели: достоинства и недостатки небольшой компании . . . . .	238
6.2. Как устроиться на работу . . . . .	241
6.3. Небольшая компания: ответственность и стрессы . . . . .	244
6.4. Межличностные отношения в небольших компаниях . . . . .	247
6.5. Работа в условиях жестко ограниченных ресурсов . . . . .	249
6.6. Распределение задач: типичная неделя . . . . .	254
<b>Глава 7. Работа в крупной компании . . . . .</b>	<b>257</b>
7.1. Анализируйте свои цели: преимущества и недостатки большой компании . . . . .	258
7.2. Как устроиться на работу . . . . .	260
7.3. Глобализация: аутсорсинг и временные рабочие визы . . . . .	264
7.4. Процедуры и вы: держите голову над водой . . . . .	271
7.5. Взаимоотношения с отделом маркетинга . . . . .	279
7.6. Распределение задач: типичная неделя . . . . .	282
<b>Глава 8. Заключение: иди и побеждай . . . . .</b>	<b>285</b>
Предметный указатель . . . . .	287

## ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

### 1.1. Об этой книге

И в сети, и в реальной жизни почти ежедневно я встречаю людей, которые спрашивают, что им надо сделать, чтобы стать инженерами по встраиваемым системам. Это новоиспеченные выпускники колледжей, некоторые ещё студенты, попадаются школьники. В гораздо меньшей степени это люди, интересующиеся такого рода деятельностью в качестве хобби; техники по обслуживанию электронного оборудования; прикладные программисты, ищущие способы улучшить свои финансовые перспективы и/или разнообразить профессиональные навыки, дабы избежать чумы XXI века — переизбытка «белых воротничков».

Почему так много людей хотят стать гуру в области встраиваемых систем? Очевидное объяснение этому заключается в том, что молодых (и не совсем молодых) программистов и техников соблазняет эффектная, привлекающая внимание работа, комфортные условия, ненапряженный стиль жизни, безграничное богатство и толпы поклонников, то есть всё, что может дать только инженерия встраиваемых систем. Так как в последнем предложении нет ничего, даже отдалённо напоминающего правду (я работаю в этой сфере уже больше десяти лет, но определённо не могу припомнить, когда толпа обожателей забрасывала меня наличными), я могу только предположить, что проводится какая-то крупная маркетинговая кампания, которая затягивает людей в эту область.

Это, конечно, ведёт к трудно разрешимой моральной дилемме. Следует ли действующим специалистам по части встраиваемых систем перенаправлять

полную надежд молодёжь в другие сферы деятельности, тем самым препятствуя притоку новых талантов в свою и сохраняя соответственно выгодные расценки на собственные консультационные услуги? Или следует заманивать этих несчастных простаков к себе, чтобы они трудились на нижнем уровне, способствуя продвижению нас — посвящённых — вверх на одну ступеньку пирамиды?

Шутки в сторону: то, что число новых выпускников-инженеров во всех областях сокращается (по крайней мере в США), — общепризнанный факт. Для объяснения этого феномена предлагаются разнообразные теории. В частном случае инженерии встраиваемых систем я вижу несколько факторов, обуславливающих этот спад. Один из них — нынешняя недоступность домашних компьютеров с хорошей документацией, подобных тем, какими наслаждалось моё поколение, — *Acorn BBC*, *Commodore VIC-20*, *Sinclair ZX Spectrum* и т. п. Современные персональные компьютеры (ПК) — это чёрные ящики, разработанные, чтобы гонять лицензионные программы. Их поставляют без инструментов для программирования<sup>1)</sup> и без какой-либо технической документации. Время, в которое мы живём, — это, безусловно, тёмное время. Продавцы операционных систем (ОС) активно трудятся над тем, чтобы разработка стороннего программного обеспечения (ПО) ограничивалась эксклюзивным клубом официальных лицензиатов (точно таким же образом контролируется разработка приставок для видеоигр), а низкоуровневое программирование с прямым доступом к аппаратной части — очень сложное дело из-за недоступности документации на микропроцессорный набор. Причиной этого во многих случаях являются контрактные обязательства производителей оберегать информацию, относящуюся к коммерческой тайне, в соответствии с механизмами защиты *интеллектуальной собственности*. В добавление к этому мы сталкиваемся с большой сложностью и разнородностью компьютерного «железа». В старые добрые времена на своём *Commodore 64* можно было написать программу «на коленке», отладить её до последнего командного цикла и с гордостью показать другим людям. Такого рода навыки жизненно важны при создании встраиваемых систем, но, в той или иной степени, их невозможно практиковать на подавляющем большинстве домашних компьютеров нынешней эры.

---

<sup>1)</sup> Mac OS от Apple — единственное исключение из этого правила в общем потоке, имеющем место в розничной торговле. В то время как некоторые продавцы всё же предлагают в качестве предварительного выбора Linux, люди, которые выбирают эту ОС, скорее всего установили бы её и сами. — *Здесь и далее примеч. авт.*

Есть также и другие факторы, поднимающие планку или отпугивающие людей от овладения профессией инженера по встраиваемым системам, и я коснусь их в соответствующих главах этой книги. А смысл написанного здесь заключается в утверждении, что в настоящее время детям сложнее экспериментировать с тем, что есть у них дома; их возможности для этого, в лучшем случае, ограничены.

Хорошие новости состоят в том, что спад в поставках инженерных талантов неизбежно ведёт к повышенной оплате за соответствие квалификации. Несмотря на расширение использования *аутсорсинга* и политику привлечения иностранных специалистов в высокотехнологичные отрасли (подробнее об этом написано в главе 7, если вы любите перескакивать с одного места книги на другое), прямо сейчас отличное время поискать работу в данной сфере. Всё движется по спирали, и повсюду случаются катаклизмы: не так давно, например, был гигантский спад на рынке труда в сегменте инжиниринга телекоммуникаций, но прошло время, и тенденции к предоставлению полной занятости и долларовые инвестиции, идущие в высокотехнологичные инженерные проекты, неуклонно увеличиваются.

Кстати, заметьте, эта книга своего рода образец ереси с точки зрения менеджмента, я даже подумывал о том, чтобы опубликовать её под псевдонимом. Она написана для инженеров по встраиваемым системам или для людей, желающих стать таковыми, но *не* для того, кто считает дни до того момента, когда сможет написать слово «начальник» в названии своей должности. Хотя многие инженеры однажды заслуженно выдвинутся на руководящие посты (вам определённо не следует считать эту дверь закрытой), я полагаю, что в данный момент вы, дорогой читатель, являетесь «отдельным сотрудником» — одним из тех, чьи грубо вырезанные лица гримасничают в нижней части темного столба. Когда-нибудь, возможно, я буду сильно сожалеть о разбрасывании этих семян недовольства в моих будущих отчетах о состоянии дел на местах, но сейчас, пожалуйста, извлеките максимум из совета, который я вам предлагаю.

И последнее замечание: вы будете встречать юмористические отступления, разбросанные по этой книге. Хотя большинство перлов — это мои собственные творения, они, в определённой степени, соответствуют инженерному юмору, и довольно большое число инженеров сочло бы их смешными<sup>1)</sup>. Я на-

---

<sup>1)</sup> Я буду прятаться за этим утверждением всякий раз, когда вы будете морщиться от какого-нибудь образчика легкомыслия.

деюсь, что вы посчитаете их забавными уже при первом прочтении; если нет, то призываю вас прочитать эту книгу снова, когда вы достигнете своей цели и станете инженером.

## 1.2. Инженер по встраиваемым системам — кто он?

Прежде чем я приступлю к описанию того, как вы можете стать инженером по встраиваемым системам, следует определить, что стоит за этим понятием (по крайней мере в отношении данной книги). Говоря кратко, такие инженеры работают над аппаратной частью и/или ПО встраиваемых систем управления. В нынешнем мире это практически всегда означает системы, построенные на базе микропроцессорного ядра, выполняющего управляющую программу<sup>1)</sup>, хотя эта программа и микропроцессор не обязательно являются основой системы.

Хотя большинство инженеров встраиваемых систем в той или иной мере склонны быть разработчиками либо аппаратной части, либо программ, в этом разделении труда меньше жёсткости, чем в других специализированных отраслях инженерного дела. Хороший инженер встраиваемых систем — частично программист, частично разработчик цифровых схем, частично разработчик аналоговых схем, с рудиментарным пониманием радиочастотных вещей — во всяком случае, когда это касается подавления помех. Подобно специалисту-медику, такой инженер — это в первую очередь инженер «общей практики» с дополнительными знаниями, которые позволяют ему или ей довольно уверенно работать над решением определённого круга задач.

Это определение работы охватывает громадную область — даже большую, чем вы, возможно, представляете себе из приведённого широкого описания. Простая одноразовая игрушка, содержащая микросхему, ответственную за произнесение фраз, несколько светодиодов и переключателей; механизм круиз-контроля в автомобиле; ультраскоростная криптографическая машина, обеспечивающая связь между управляемой ракетой и оператором, — всё это сфера деятельности инженера по встраиваемым системам. Так что довольно

---

<sup>1)</sup> Ради соответствия этому описанию я намеренно затрону в книге экзотические сценарии, наподобие систем, состоящих только из Программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) без микроконтроллерного ядра.

сложно дать обобщение данной области деятельности, которое не показалось бы нелепым значительному числу читателей. Важнее даже то, что сложно предложить новичкам разумные ответы на вопрос: «Как мне заняться такой работой?» Эта книга — попытка дать несколько ответов на множество общих вопросов, в ней содержится достаточно исходной информации, чтобы вы смогли решить, какой ответ наиболее соответствует вашим навыкам, амбициям и потребностям.

## 2.1. Традиционное образование как путь в технику встраиваемых систем

В октябре 2005 года я посетил ярмарку инженерных вакансий в Колумбийском университете в Нью-Йорке, главным образом, чтобы посмотреть, кто приглашает на работу и что ищет. Весьма познавательно изредка совершать подобные разведывательные вылазки, поскольку корпорации тратят огромные деньги на такие мероприятия, а также на *стажировки* и совместные программы, к которым они часто приводят. Наблюдательный человек может извлечь ценную информацию о состоянии дел в промышленности всего лишь из списка тех, кто предлагает работу, и какого рода вакансии они пытаются заполнить. Я покинул эту ярмарку вакансий, как и другие подобные недавние мероприятия, вынеся следующие два факта:

1. Внутри США спрос на инженеров всех типов растёт.
2. Традиционный путь — колледж, затем стажировка (вежливый синоним нахождению в подмастерьях), потом постоянная работа с девяти до пяти с пенсионными отчислениями и оплатой услуг стоматолога в качестве главной льготы — вовсе не забыт, несмотря на то, что вы, возможно, читали о новомодных компаниях, ищущих резюме в Интернете и приглашающих соискателей на футбольный матч, чтобы показать свою ценность как работодателя.

Что касается второго пункта, то большинство людей, читающих данную книгу, возможно, уже сошли с этой наезженной дорожки. Моя задача — об-



судить этот нормальный путь и показать, каким образом вы можете или вновь ступить на него, или достичь той же самой цели, идя параллельно ему.

Прежде чем вы начнёте составлять учебный план, пожалуйста, уясните для себя, чего именно вы хотите достичь. Работа в области встраиваемых систем охватывает необычайно широкий спектр сложных вещей по сравнению с большинством других отраслей техники. В высшей степени непрактично пытаться стать всезнающим экспертом во всех этих вопросах. В любом случае при таком заявлении у всякого предполагаемого работодателя, вероятно, возникнут серьезные подозрения — и не без причины. Другая крайность — потратить десяток лет, специализируясь в какой-нибудь таинственной технологии обработки сигналов, отбросив всё остальное, — тоже не самый полезный способ провести время. Стандарты и лучшие опробованные на практике методы непрерывно эволюционируют, и приоритеты в проектировании сдвигаются в соответствии с изменениями спроса и предложения на рынке. Почти идеально подходящей иллюстрацией этого является тенденция переноса основной части работы (особенно при анализе и генерации сложных сигналов) во встроенное ПО (firmware), поскольку *процессоры цифровой обработки сигналов (DSP — Digital Signal Processors)* и высокоскоростные традиционные микроконтроллеры становятся всё дешевле и мощнее. В наши дни господствует позиция «перевести побыстрее эти мерзкие аналоговые сигналы в цифровую форму»<sup>1)</sup>. В былые времена, когда микроконтроллеры были дороги, во избежание необходимости иметь сложное встроенное ПО собирались умопомрачительные (и часто гротескные) аналоговые, цифровые и гибридные каскады предварительной обработки сигналов. В наши дни для работы с DSP нам надо лишь освежить в памяти математические знания и изучить довольно сложные технологии программирования.

Отсюда вывод: прежде чем вы приступите к интенсивной учёбе, вам надо каким-то образом сузить ваши цели, впрочем, не очень сильно. Вполне приемлемо быть немного «расфокусированным» при определении того, где находится ваша сфера интересов, — это единственный способ попробовать что-то новое. Базовый уровень разработан для того, чтобы дать вам некие основные умения и достаточно общие знания как фундамент для получения детального понимания конкретной области специализации при послевузовском обучении. Если вы совсем новичок в инженерном деле, то я бы предложил вам в

---

<sup>1)</sup> Фраза «Полностью цифровой!» значит сегодня то же самое, что значила «Транзисторный!» в эру электронных ламп. Она вызвала примерно столько же сдержанных стенаний по поводу смерти старой технологии.

первые год или два учёбы сосредоточиться на изучении базовых предметов — математики, физики, химии и других<sup>1)</sup>. При этом общайтесь с вашими преподавателями и студентами старших курсов, чтобы решить, какая часть электроники вам наиболее интересна. Предположим, больше, чем что-либо, вас привлекает техника радиосвязи. В таком случае последние год или два вы можете посвятить получению солидных знаний в области аналоговых схем. Затем после получения степени бакалавра вы можете выбрать область специализации (предпочтительно, получив реальный опыт работы в этой сфере).

Традиционный путь в технику встраиваемых систем (в США) — это *степень бакалавра* после четырехлетнего обучения в институте, аккредитованном *ABET, Inc.* ABET — организация, официально аккредитующая научные и технические программы высшего образования. Это фактически консорциум из 28 отобранных профессиональных и технических обществ, сайт которого находится по адресу [www.abet.org](http://www.abet.org), хотя для обычного посетителя он малоинтересен.

**Типичным** уровнем для инженеров по встраиваемым системам является степень бакалавра по электротехнике (BSSE — a Bachelor of Science in Electrical Engineering). В **Табл. 1.1** приведён *пример учебного плана*, который вам предстоит пройти, чтобы получить эту степень<sup>2)</sup>.

Если вам непривычна система кредит-часов, используемая колледжами в Соединённых Штатах, то эмпирически кредит-час означает один академический час (50 минут аудиторной работы) в неделю в течение семестра. Вы можете получить некоторое представление о том, какую нагрузку всё это представляет, если примете во внимание, что при очном обучении за семестр изучаются четыре курса. В пересчёте это составляет от двенадцати до шестнадцати кредит-часов. Степень бакалавра по электротехнике — приблизительно восемь полных семестров. Если вы хотите потратить деньги, беря курсы летом и зимой в дополнение к обычным весенним и осенним сессиям, и у вас есть сильная мотивация, то можно пройти эту программу где-то за два-три года. Хотя, вероятно, к концу столь интенсивной учёбы вы будете близки к безу-

---

<sup>1)</sup> В американской системе образования студент сам выбирает изучаемые им предметы и то, когда он будет их изучать. — *Примеч. ред.*

<sup>2)</sup> Эта таблица — объединение опубликованных в 2005 году учебных планов нескольких колледжей США. Я создал её, разделив на категории предметы из учебных планов разных институтов и взяв средневзвешенные *кредит-часы* для каждой категории, а затем округлил их до целого. Эта информация представляет лишь относительный вес разных предметов в курсе на получение типичной степени бакалавра электротехнических наук.

мию и, когда придёте домой, ваша собака примет вас за грабителя и попытается укусить.

**Таблица 1.1. Пример учебного плана для получения степени бакалавра по электротехнике (BSSE)**

Предмет	Объём, кредит-часы
Химия	4
Физика	4
Английский язык	6
Математика	20
Общая электроника	24
Электромагнетизм и электромеханика	7
Проектирование аналоговых схем	4
Цифровые логические схемы и/или цифровая обработка сигналов	12
Факультативные технические курсы и проекты	21
Экономика или бухгалтерское дело	4
Общие курсы по проектированию и анализу	8
Гуманитарные предметы для «академичности»	16

Обратите внимание, что курсы колледжей, предлагаемые или требуемые для получения степени бакалавра по электротехнике, очень сильно отличаются. В частности, в некоторых учебных заведениях гораздо больший упор делается на компьютерные науки по сравнению с приведённым примерным учебным планом. Программы, которые предоставляют большое число курсов по компьютерным наукам (например, более восьми кредит-часов), чаще всего соответствуют *гибридным квалификациям* с такими названиями, как «Бакалавр по электротехнике и компьютерным наукам». Люди, которые получают такого рода степени, возможно, имеют небольшое преимущество (по сравнению с обладателями типичной степени бакалавра по электротехнике) при работе над ПО для встраиваемых систем относительно высокого уровня. Обладатели обычной степени бакалавра по электротехнике, вероятно, в какой-то мере предпочтительнее при работе с прецизионными системами, в которых надо разрешать большое число проблем на аппаратном уровне и «вылизывать» большие объёмы критичного по времени выполнения ассемблерного кода<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Заметьте, я не говорю, что предполагаемый работодатель увидит разницу между двумя дипломами.

Эта возможная разница, однако, в действительности окажет влияние только на вашу первую работу, когда вы выйдете из стен учебного заведения<sup>1)</sup>. После года или двух на рабочем месте набор ваших полезных и ценимых на рынке труда навыков будет определяться почти исключительно той сферой деятельности, в которой вы заняты, если только вы не предпринимаете заметных усилий по самосовершенствованию в какой-нибудь другой области (например, публикуя технические статьи). Есть две основные причины для этого.

Во-первых, как только вы начнёте работать в «реальной» области, получаемые вами знания и опыт будут, очевидно, ограничены этой областью. Вы обнаружите, что умения, ежедневно совершенствуемые на работе, многократно превзошли тот базовый уровень, который был освоен в учебном заведении. В то же время знания и навыки, которые не используются, будут неизбежно атрофироваться. Это до некоторой степени будет компенсироваться тем фактом, что ваши общие способности решать проблемы значительно возрастут.

Во-вторых, пока ваше внимание сфокусировано на выбранной сфере деятельности, не только забывается материал прослушанных в колледже курсов, но и практическое состояние дел в других областях движется вперёд без вас. Например, если вы посещали в 90-х годах какие-нибудь компьютерные курсы уровня колледжа, то, вероятно, вы выучили Паскаль. Если затем вы взяли десятилетний академический отпуск и уехали, чтобы поработать на ферме, то, вернувшись в инженерную отрасль, вы обнаружите, что Паскаль почти мёртв и похоронен<sup>2)</sup>, даже как язык обучения программированию. Возможно, это глупый пример, но он должен показать вам, что если вы проведёте значительное время — самое большее два или три года — вне инженерных дел, то, вернувшись к ним, вы будете вынуждены приложить значительные усилия, чтобы вновь привести знания в соответствие с современным уровнем.

Что касается опыта работы и способов получить таковой, то вам следует серьёзно подумать о стажировке, если в настоящий момент вы следуете течению «нормальной» жизни: школа — колледж — работа. Обратите внимание, что пока легче всего получить стажировку через ваше учебное заведение. Удостоверьтесь, что вы внесены во все почтовые рассылки, касающиеся ярмарок

---

<sup>1)</sup> Конечно, она может оказать влияние на ваше обучение после окончания института, но я полагаю, что вы подумали об этом, когда выбирали студенческий курс.

<sup>2)</sup> Пожалуйста, обойдёмся без писем с угрозами и оскорблениями! Я прекрасно осведомлен, что, например, Delphi всё ещё существует. Однако изначально Паскаль создавался как язык, предназначенный для целей преподавания программирования, а из этой ниши он практически полностью вытеснен, главным образом языком Java.

вакансий и возможностей стажировки. Большинство факультетов регулярно получают предложения по стажировке от корпораций; эти предложения рассылаются по электронной почте или вывешиваются на досках объявлений в зданиях факультетов. Таким образом, если вы присутствуете в факультетском списке рассылки, вы будете регулярно получать приглашения на ярмарки вакансий и подобные мероприятия. Если вы не студент или ваше учебное заведение по каким-то причинам не привлекает такого рода нанимателей, вы можете найти предложения о стажировке непосредственно на сайтах большинства крупных компаний. Чтобы узнать, что есть по месту вашего пребывания, используйте простую технологию. Поищите местные вакансии постоянной работы на относящихся к *трудоустройству* сайтах, затем отправляйтесь непосредственно на обнаруженные при поиске сайты работодателей и посмотрите предлагаемые ими стажировки. Хотя на большинстве сайтов по трудоустройству есть как список вакансий на постоянную работу, так и список предлагаемых стажировок, мой опыт говорит, что о такого рода предложениях объявляют, главным образом, напрямую.

Один или два года стажёром (поможет даже стажировка в течение пары летних каникул) обеспечат ваше *резюме* необходимым опытом реальной работы, чтобы выделиться из толпы новоиспечённых выпускников. И, как практическое дело, вы, вероятно, могли бы использовать это время для уточнения интересующих вас областей, в которых вы наиболее компетентны. Так начнётся долгая дорога к обеспечению того, что на последующем рабочем месте вы будете заниматься именно тем, в чем хорошо разбираетесь и что доставляет вам удовольствие. В качестве почти бесплатного приложения пара лет в промышленности даст вам возможность завязать деловые контакты, которые могут оказаться весьма полезными, когда вы будете искать постоянное место работы.

Если вы, к несчастью, уже работаете, то, вероятно, будет неразумно резать свой постоянный доход и возвращаться на стажерский уровень. Если вы попадаете в эту категорию, я призываю переработать ваш собственный, относящийся к делу опыт. Задача здесь — составить перечень устройств, созданных вами, которые могут быть интересны будущему работодателю, ищущему инженера по встраиваемым системам. Вспомните свои хобби: авиамодели, домашние животные, автомобили, лазерные шоу — подойдет что угодно. Разработайте какое-нибудь устройство, подходящее для этой области, и внесите его в свой список. Будучи столь плохо сформулированным, это задание кажется почти нелепым. Но если вы немного подумаете об этом, то

сможете увидеть применение встраиваемых систем практически повсюду. Вы могли бы спроектировать автопилот для авиамодели, дверцу для собаки, использующую систему машинного зрения, чтобы узнавать вашего питомца и открываться только для него, модуль электронного зажигания для автомобиля выпуска 60-х годов с зажиганием на базе прерывателя и т. п. Кстати, местные радиолюбители — самая подходящая группа людей, которые могут помочь вам познакомиться с электроникой. И не только с радиотехникой, но и со всякого рода аналоговыми и цифровыми штуками. Даже если вы сами по себе не испытываете особого интереса к радиолюбительству, всё же стоит присоединиться к одному из этих клубов, чтобы познакомиться с местными техническими кудесниками. Посетите сайт американского союза радиолюбителей (American Radio Relay League) на [www.arrl.org](http://www.arrl.org), чтобы больше узнать о том, что есть у вас по соседству.

Наконец, если вы движетесь по служебной лестнице большой корпорации, то при отсутствии послеколледжского (postgraduate) образования добиться продвижения выше определённого уровня гораздо труднее. Вам следует *очень* тщательно подумать на эту тему при выборе базовой степени (undergraduate degree). Например, сейчас есть несколько учебных заведений, предлагающих степень бакалавра в чём-то, называемом *электротехническая технология* (electrical engineering technology) — *BSEET*. На первый взгляд звучит как вполне подходящий курс, и если бы вы просмотрели учебный план, то могли бы подумать, что видите все правильные словечки: АБЕТ, аппаратная часть, встроенное ПО, программные средства, программирование, проектирование схем и т. п. Однако *BSEET* разработан так, что не ведёт к последующей учёбе. Это своего рода инженерный эквивалент ПТУ. Я настоятельно рекомендую вам избегать этой программы; я проверил, что в институтах, предлагающих *BSEET*, этот курс не дешевле, чем *BSEE*, его изучение требует примерно того же времени и он даёт значительно меньше возможностей поиска работы и дальнейшего образования.

Одно пояснительное замечание по поводу послеколледжского обучения. Полезность высшего образования в плане получения хорошей должности не просто асимптотическая; фактически — это решающий момент. Хорошо иметь степень бакалавра. Обладать степенью магистра — просто великолепно. Технические сертификаты, отраслевые аттестаты и другие дополнительные дипломы — чудесно (хотя сами по себе они обычно не очень ценны). Однако фактически получить практическую инженерную работу может оказаться даже несколько тяжелее, если у вас есть учёная степень (PhD), — до такой степени,

что некоторые люди намеренно не упоминают о ней в своих резюме. Есть разные причины столь странного предрассудка, но они включают требования по оплате (обладатели PhD дороги), мнение, что люди с учёной степенью лучше всего подходят для чистой науки и для творчества, и вера в то, что такие люди являются «профессиональными студентами».

## 2.2. Как обойтись без традиционного образования и получить его впоследствии

В начале 2005 года, когда я приступил к работе над этой главой, телевизионный реалити-сериал «Новичок» от NBC (National Broadcasting Company) показывал состязание, названное «Книжная смекалка против уличной». Целью этих серий было установить (насколько вообще популярное телешоу может «установить» что-либо), кто в действительности лучше оснащён для выживания в корпоративном мире: выпускники колледжей или прошедшие «уличные университеты» люди без образования. Должен сознаться, я не посмотрел пару последних серий, но в тех, что видел, люди с уличной смекалкой были довольно далеко впереди. Это отражает популярную в Америке веру, что человек, прошедший «кулачную школу», упорнее, крепче, смекалистее любого книжного червя. Циник во мне совершенно уверен, что это также отражает, что целевой аудиторией данного жанра телепрограмм является малообразованная часть населения<sup>1)</sup>.

Существует мнение, что инженеры-самоучки более мотивированы, более гибки и креативны, чем их коллеги с традиционным образованием. В лучшем случае такая точка зрения представляется мне противоречивой. Я думаю, было бы более корректно, хотя несколько многословно, сказать, что среди людей, не имеющих инженерных дипломов, те, кто достаточно мотивирован для самостоятельного развития инженерных навыков, являются необычайно инициативными людьми. Это способствует продуктивности и продвижению на руководящие должности, но не подразумевает, что эти люди обязательно являются лучшими инженерами. Впрочем, какое бы мнение ни обосновыва-

---

<sup>1)</sup> Интересная и приятная работа Чарльза Д. Хэйса (Charles D. Hayes) — хотя я не поддерживаю философию данной книги — «Докажи свою квалификацию: стратегии для компетентных людей без дипломов колледжей» (Proving You're Qualified: Strategies for Competent People without College Degrees, Autodidactic Press, June 1995, ISBN 0-9662-1201-0). Существует удивительное количество изданий, посвящённых этой теме.



лось, определённо нет причин полагать, что вся инженерная работа закрыта для вас просто потому, что у вас нет диплома колледжа в очевидно подходящей области (и, конечно, если вообще нет никакого диплома). Также почти не может быть диплома, который совершенно не относится к встраиваемым системам, просто по той причине, что в нашей повседневной жизни, в сущности, встраиваемые системы управляют всем или, по крайней мере, на всё оказывают влияние.

Прежде чем я продолжу, следует обратить внимание, что я не рекомендую вам выбирать столь нестандартный путь. Я даю в этой главе совет, потому что сам, пройдя точно такой же дорогой, понимаю, что иногда случается перейти на постоянную работу раньше, чем представится шанс получить «предварительную» формальную аттестацию. По всей Америке огромное число людей делает успешную и доходную карьеру в сфере техники встраиваемых систем, не получая вообще никаких дипломов в этой или в любой другой области. Если вы хотите последовать их примеру, то это, несомненно, возможно. Однако я настоятельно рекомендую вам записаться на подходящий образовательный курс при первой же возможности. Это путь наименьшего сопротивления для движения вперёд в будущем, и он определённо сделает вашу жизнь значительно проще, не говоря уже о росте возможностей в плане жалованья.

Итак, если у вас нет стандартной BSEE или эквивалентной степени, ваши возможности на рынке труда будут ограничены, но полностью не исчезнут. Чтобы получить хорошую должность, вам придётся приложить значительно больше усилий, чем вашим коллегам с традиционным образованием. Как быть?

Начнём с того, что я бы советовал вам даже не беспокоиться о посылке своих резюме на вакансии, афишируемые сайтами по трудоустройству, если только ваши квалификация, опыт работы и другие данные не соответствуют в точности заявленным в объявлениях требованиям. На это есть две причины. Во-первых, эти сайты привлекают ошеломляющее число претендентов, и, весьма вероятно, ваши данные затеряются в общем потоке. Во-вторых, с февраля 2006 года в Соединённых Штатах вступил в силу новый и вызывающий чрезвычайное раздражение закон о «стимулировании разнообразия»<sup>1)</sup>. В результате принятия этого закона вам придётся подгонять резюме в соот-

---

<sup>1)</sup> Хорошее краткое изложение ситуации было опубликовано в CNNmoney в колонке Анны Фишер (Anna Fisher) под заголовком «Поиск работы в сети становится мудрёнее» (Job hunting online gets trickier); во время написания этой книги статья была доступна на [www.money.cnn.com/2006/02/06/news/economy/annie/annie\\_0206/index.htm](http://www.money.cnn.com/2006/02/06/news/economy/annie/annie_0206/index.htm).



ветствие с интересующей вакансией и сделать так, чтобы вы соответствовали каждому заявленному требованию по всем пунктам. Если в вакансии требуется трехгодичный опыт работы в сфере телекоммуникаций, а вы проработали только два, то ваше резюме будет отвергнуто, даже если за эти два года вы полностью перепроектировали и в одиночку заново развели всё кабельное хозяйство телекоммуникационной инфраструктуры небольшого европейского государства, используя только собственные зубы и моток бечёвки, и за труд были удостоены Нобелевской премии. Да, звучит столь же безумно, сколь безумна эта система. В результате она естественным образом приведёт к тому, что посредственный претендент, ставящий галочки в нужных местах, будет иметь преимущество перед человеком, лучше остальных подходящим для данной работы. Как будто бы отделам кадров (Human Resources) была нужна *ещё одна* — и весьма волонтеристская — причина, чтобы отсеивать претендентов из набора кандидатов!

Обратите внимание, что вышеупомянутое бюрократическое творение будет оказывать влияние только в случае, если вы ищете работу в средних или крупных компаниях (более 50 работников). Один этот факт — хорошая причина сфокусироваться при поиске на меньших компаниях. Впрочем, возможно, вы в своих поисках в любом случае двинетесь в этом направлении, поскольку в небольших компаниях практически всегда уделяют *гораздо* больше внимания вашему опыту, выполненным работам и другим осязаемым вещам, чем формальным бумагам. Более детально я обсуждаю жизнь в маленькой компании в главе 6, но коротко можно сказать следующее. В небольшой фирме вы будете постоянно (от первого интервью до ухода на пенсию) лично иметь дело с начальниками, от которых зависит приём на работу и увольнение. Следовательно, во время интервью у вас будет гораздо больше возможностей впечатлить кого-то, обладающего властью принимать решения *немедленно*. Произведите хорошее впечатление, и, возможно, вы будете взяты на работу практически сразу же, поскольку интервьюеру не надо утверждать решение в высших сферах и/или доказывать его какому-нибудь другому партнёру.

И наоборот, в процессе трудоустройства в крупную компанию вам потребуется добиться благосклонности целой цепочки людей. Сначала идёт анкетирование в отделе кадров (иногда этот процесс даже автоматизирован), затем вам нужно произвести впечатление на менеджера по найму, которого вам придётся снабдить достаточным количеством удовлетворительной информации для приведения убедительного для высшего руководства довода, почему вас следует принять на работу. Плюс, если всего этого недостаточно, вам придётся