

Ценообразование электронных изделий

Владимир Городов, инженер, ООО «ЭЛЕКТРОН-СЕРВИС-ТЕХНОЛОГИЯ»
 Аркадий Медведев, проф. МАИ

Для России характерно создавать проекты электронных изделий, не считаясь с себестоимостью конечного продукта. Причем зачастую это происходит всего-навсего от незнания составляющих себестоимости. В статье изложен ряд соображений, которые, мы надеемся, помогут нашим читателям выбрать из альтернативных вариантов те, что все-таки хоть в какой-то мере позволят снизить цену проекта, упростить производственный цикл, создать лучшие условия для технологического обеспечения качества и надежности проектируемого изделия.

В зарубежной практике уже сложились определенные принципы совместной поэтапной работы конструктора и технолога:

- обеспечение технологичности — Design for Manufacturability (DfM);
- обеспечение возможности сборки — Design for Assembly (DfA);
- обеспечение контролепригодности — Design for Testability;
- и, наконец, обеспечение надежности — Design for Reliability.

Требования к этим процессам взаимодействия всех служб и подразделений предприятия при проектировании и изготовлении электроники изложены в зарубежных стандартах, в частности, в IPC-A-620, ANSI/J-STD-001, IPC-SM-785, IPC-D-279 [1].

Однако зачастую авторы проектов в процессе конструирования совершенно оторваны от производства. И когда они, наконец, приступают к общению с производителем, обнаруживаются досадные огрехи, которые можно было бы устранить, если бы они изначально имели рядом технологов производства. Нежелание, а иногда и несвоевременность переделки проекта приводит к досадным издержкам производства, росту цены заказа.

Давайте попробуем определить составляющие ценообразования печатных плат и электронных модулей, чтобы осознанно — а не наобум! — идти на усложнение проектов, если это необходимо для полноценного функционирования изделий [2].

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ

Самым распространенным в России материалом для изготовления печатных плат является FR-4 с различными толщинами фольги, собственно фольгой с одной и двух сторон, и с температурой стеклования порядка 135°C. В то же время, в по-

следнее время в связи с известной необходимостью использования пайки бессвинцовыми припоями приходится использовать материалы с большей температурой стеклования (например, High Tg FR-4), которые дороже примерно на 30%. Еще более удорожаются материалы монтажных подложек для высокочастотных модулей (HF FR-4). И в еще большей мере удорожают проект гибкие материалы (Rogee 4003, Arlon 25FR, TLC-32), но их применение неизбежно для решения ряда конструкторских задач. Приходится считаться с тем, что гибкие платы, хотя сами по себе они и дороже, способны заменить трудоемкий проводной монтаж, не говоря о конструкциях, где гибкость межсоединений просто необходима [3]. На рисунке 1 показана сравнительная стоимость различных материалов печатных плат.

Надо отметить, что мы зачастую не замечаем материалов типа гетинаксов (ХРС) или дешевых материалов на эпоксидной основе с наполнением стеклянным шпоном (СЕМ3), считая их настолько «несерьезными», что о них даже думать не хочется. Тем не менее, материалы типа СЕМ мало уступают по свойствам традиционным FR-4, но они дешевле и обраба-

тываются лучше, потому выигрыш от их использования неоспорим.

КОЛИЧЕСТВО СЛОЕВ

В первую очередь, количество слоев опять-таки связано с количеством используемого материала. Нужно еще учитывать, что тонкие фольгированные диэлектрики намного дороже обычных. Поэтому, если есть возможность развести плату в двух слоях, даже при использовании узких проводников и зазоров, целесообразно использовать этот вариант. Если это оказывается невозможным, следует пробовать разместить топологию межсоединений в четырех слоях, используя два внутренних слоя для размещения цепей земли и питания. Переход на большую, чем четыре, слойность сопряжен с пропорциональным удорожением плат из-за расхода материала. Поэтому лучше уплотнить рисунок, чем увеличивать слойность плат для размещения всех межсоединений.

Следует учитывать, что переход от двусторонней платы к четырехслойной не слишком удорожает процесс — добавляется только операция прессования. Большая же слойность ставит проблемы совмещения элементов межсоединений в многослойных структурах, решение которых тоже связано с

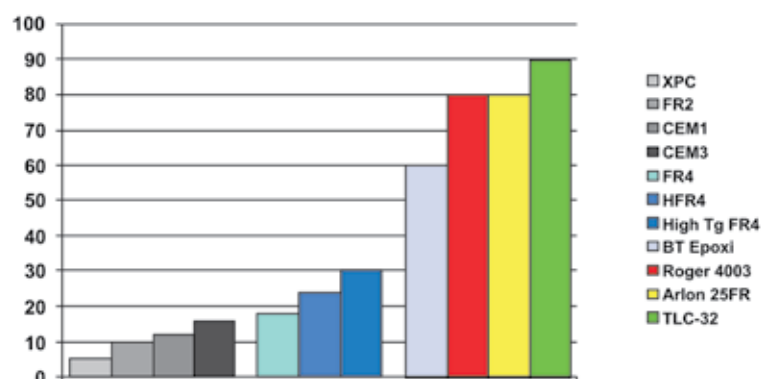


Рис. 1. Стоимость различных материалов печатных плат [2]

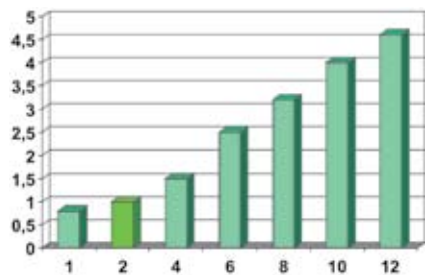


Рис. 2. Изменение масштаба цен от слойности плат [2]

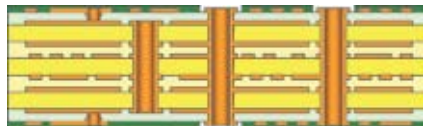


Рис. 3. Добавление операций обработки плат сопряжено с их удорожением [2]

определенными издержками. На рисунке 2 хорошо видно, как скачкообразно растет стоимость изготовления печатных плат при слойности выше четырех.

Вообще, изготовление многоуровневых плат связано с многоступенчатой обработкой заготовок на каждом из уровней: многократное сверление и прессование, фотохимические процессы, металлизация переходов между каждым уровнем. На рисунке 3 показан пример типовой печатной платы, при изготовлении которой придется провести ряд технологиче-

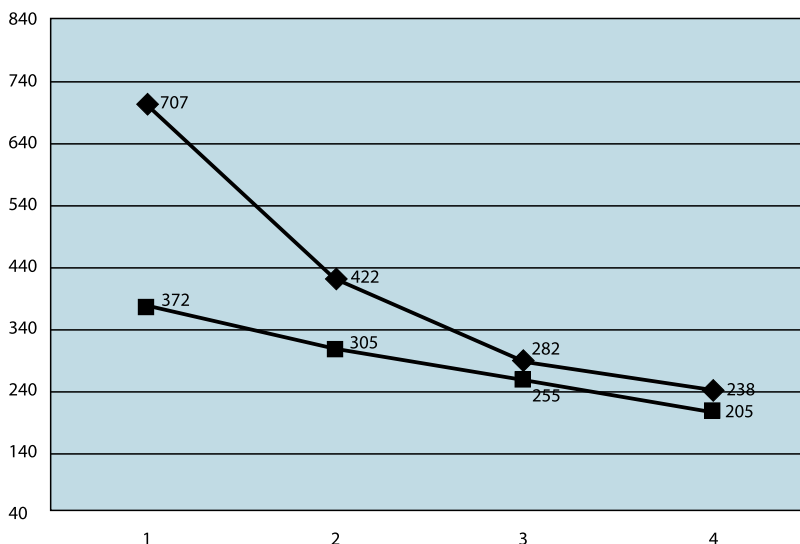


Рис. 4. Изменение цены плат (руб./дм²) в зависимости от объема заказа: 1 — до 20 дм², 2 — до 50 дм², 3 — до 100 дм², 4 — до 200 дм². Верхняя кривая — средние значения цен, нижняя — минимальные значения

ских операций, каждая из которых внесет свой вклад в удорожание продукта.

В таблице 1 и сопровождающих ее диаграммах (рис. 5—9) показано, как меняется структура ценообразования по мере усложнения конструкций плат.

На стоимости плат сказывается и объем заказа. На рисунке 4 показаны на примере четырехслойных плат изменение их стоимости в зависимости от объема заказа. Из графика видно, что кратность изменения цены может составлять от двух до трех.

Всем понятна, хотя и с трудом формализуется связь цены заказа со сроками изготовления. На предприятиях, где налажена электронная служба диспетчеризации, когда срочному заказу можно создать приоритет без ущерба для текущего производства, цена заказа изменится от срочности исполнения незначительно. Когда же срочный заказ «носят на руках» и ради него останавливают основной поток производства, цена возрастает «в разы».

Таблица 1.1

Расчетная производительность 3м ² печатных плат в час						
Из них:	ДПП-3	ДПП-5	МПП-3	МПП-5	МПП-5Н	ГПК, ПИ
	0,70	0,59	0,75	0,57	0,29	0,1020

Таблица 1.2

№ п/п	Составляющие затрат в себестоимости за дм ² , долл.	ДПП-3	ДПП-5	МПП-3	МПП-5	МПП-5Н	ГПК, ПИ
1	Расходы на химию	0,1765	0,1765	0,2115	0,2138	0,2208	0,1990
2	Базовые материалы	0,4063	0,4063	0,6413	1,0194	0,7788	4,9268
3	Вспомог. материалы	0,0459	0,0459	0,1083	0,1094	0,1130	0,0459
4	Фотошаблоны	0,0042	0,0066	0,0151	0,0198	0,0275	0,0099
5	Фотолитография/ТП	0,0635	0,2529	0,3363	0,4081	0,5273	0,2529
6	Инструмент/штампы	0,0916	0,1343	0,2974	1,0820	2,6413	0,6715
7	Трафаретные печатные формы	0,0015	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063
8	Расходы на финишные покрытие	0,0204	0,0204	0,0217	0,0219	0,0226	0,0204
9	Холодная вода	0,0072	0,0072	0,0152	0,0231	0,0358	0,0072
10	Горячая вода для промывки	0,0244	0,0244	0,0519	0,0787	0,1219	0,0244
11	Электроэнергия	0,0172	0,0172	0,0208	0,0208	0,0212	0,0212
12	Трудозатраты	0,0679	0,0939	0,1425	0,1882	0,2538	0,1001
Итого прямых затрат за дм²		0,9265	1,1918	1,8683	3,1914	4,7703	6,2855

Анализ рынка демонстрирует большое разнообразие цен у разных производителей. Что это, рыночный торг или объективная реальность факторов ценообразования? Конечно, любому производителю хочется как можно быстрее оправдать вложенные в оборудование и обучение персонала средства, чтобы двигаться дальше. Но многое зависит и от непомерно больших накладных расходов. Одни из них, такие как расходы на водоснабжение, энергопотребление, на оплату труда обслуживающего персонала, поддаются расчету и, значит, ими можно управлять. Но, к сожалению, у нас наблюдаются очень большие издержки на управляющий персонал (дирекция, кадровые и бухгалтерские службы, охрана, персональный автотранспорт и т.д.). Там, где автоматизация управления соответствует современному уровню, издержки гораздо меньше, и это тоже сказывается на ценообразовании. И поскольку надстройка над основным производством может быть разная, минимальные по статистике рынка цены могут значительно отличаться от средних [4].

Безусловно, ценообразование — процесс многофакторный, трудно поддающийся расчету, тем более что в него заложено множество субъективных факторов. Но забота о снижении цены проекта априори должна стоять в основе работы проектировщика аппаратуры, если он собирается выводить свое изделие на свободный рынок. Авторы данной статьи в этом анализе не первые, они пошли вслед за проработками специалистов отечественной компании NСAB-Эрикон (в частности, см. Алексей Ревков: «Факторы, влияющие на стоимость печатных плат» [2]), лишь добавив результаты своих расчетов. Однако тема эта практически не исчерпаема, и мы обязательно продолжим ее с целью упорядочения ценовой политики на российском рынке электроники.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. Медведев. Технологическое обеспечение надежности электронной аппаратуры. — Производство электроники, 8/2006.
2. Материалы сайта www.ncab.ru
3. А. Медведев, Г. Мылов. Гибкие платы. Преимущества и применение. — Компоненты и технологии, 9/2007.
4. А. Медведев. Заказчик и производитель. — Печатный монтаж, 5/2007.

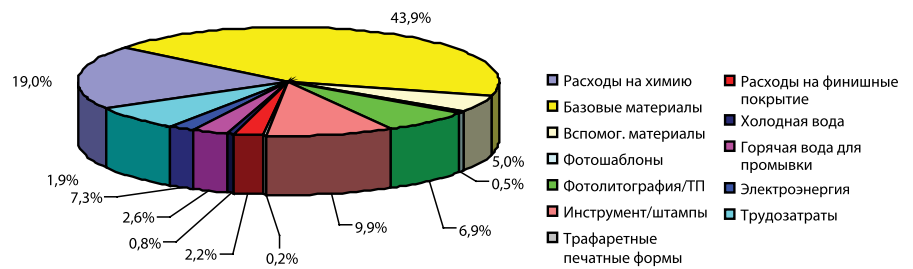


Рис.5. Распределение затрат для ДПП-3

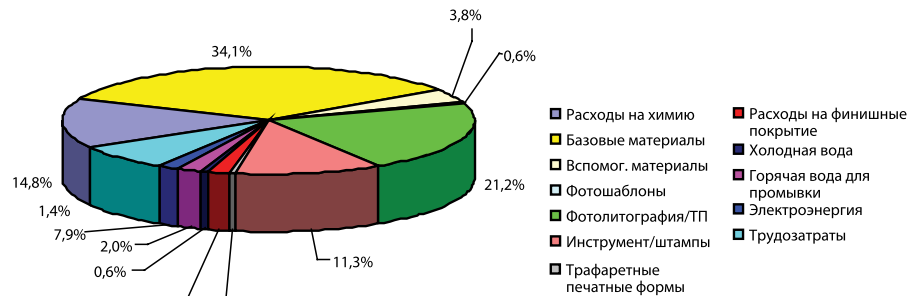


Рис.6. Распределение затрат для ДПП-5

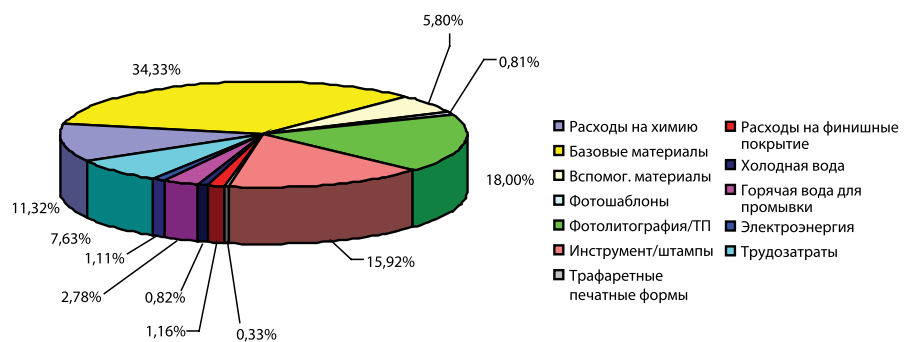


Рис.7. Распределение затрат для МПП-3

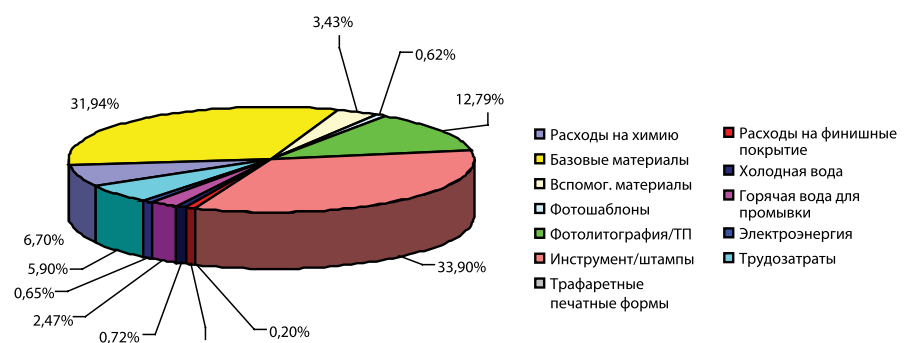


Рис.8. Распределение затрат для МПП-5

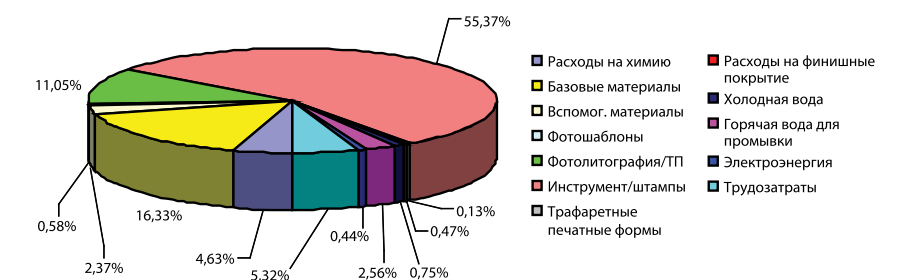


Рис.9. Распределение затрат для МПП-5H

Когда брак недопустим...



Вам потребуется Kyzen

KYZEN

Все зависит от итога работы. Продукция фирмы Kyzen и предоставляемые компанией услуги обеспечивают наилучшие результаты в отрасли. Мы поможем вам решить все проблемы, связанные с обеспечением современного уровня чистоты изделий. Свяжитесь с нами, и мы организуем вам демонстрацию наших материалов и процессов, а выводы вы сделаете сами.



Лаборатория прикладных исследований в Нашвилле, Теннесси, США

ПРОДУКТЫ ДЛЯ ЛЮБЫХ РЕЖИМОВ ОЧИСТКИ

AQUANOX®

Водяные растворы химикатов
для производства электроники

MICRONOX®

Составы для очистки полупроводников

IONOX®

Полуводяные растворы химикатов
для производства электроники

CYBERSOLV®

Составы для ухода за оборудованием
и рабочими поверхностями

 **KYZEN**
CORPORATION

430 Harding Industrial Dr,
Nashville, TN 37211
615-831-0888
www.kyzen.com
info@kyzen.com