

## РАСТРОВЫЙ ФОТОПЛОТТЕР RPL2032L8

На российском рынке оборудования для производства печатных плат представлено множество фотоплоттеров с различными техническими характеристиками и стоимостью. Однако как раз из-за высокой стоимости российским предприятиям доступны в основном модели с низкой точностью или малой скоростью вывода. Тем интереснее может оказаться знакомство с уникальной российской разработкой – растровым фотоплоттером RPL2032L8.

## УСТРОЙСТВО ФОТОПЛОТТЕРА

Существует несколько принципов построения механических модулей растровых фотоплоттеров. Наиболее высокой точностью обладают фотоплоттеры с вращающимся барабаном. В них изображение формируется с помощью модулированного светового луча, который перемещается вдоль вращающегося барабана, на котором закреплена фотопленка. Время вывода фотошаблона зависит от скорости вращения барабана. Однако скорость его вращения нельзя увеличивать бесконечно, поскольку быстродействие оптической системы ограничено. Поэтому дальнейшего повышения производительности можно добиться, увеличив число световых лучей, которые одновременно выводят изображение на фотошаблон. Данный принцип построения растрового изображения используется, как правило, в более дорогих фотоплоттерах.

Источником светового луча обычно является лазер. Луч лазера проходит через формирователь пучка, а затем – через модулятор. Такая схема работает безукоризненно, однако фотоплоттер с большим числом световых лучей стоит значительно дороже.

В новом растровом фотоплоттере RPL2032L8 (рис.1) источником света служит линейка ярких светодиодов. Изображение строится при помощи восьми лучей. Такой подход позволил повысить производительность плоттера в 7–8 раз по сравнению с предыдущей моделью растрового фотоплоттера RPL2032, взятой за основу разработки.

И. Шендриков, С. Мартынихин  
rpl@kaveo.ru, shendrikov@ets.ifmo.ru, m.s.g@mail.ru

В фотоплоттере RPL2032 можно было переключать дискретность вывода: 25; 12,5 и 6,25 мкм. При этом максимальное время вывода составляло 28, 56 и 112 мин соответственно. Использование многолучевого оптического блока позволило снизить максимальное время вывода до 4, 8 и 16 мин. Поскольку вывод на разрешении 12,5 мкм стал достаточно быстрым, а качество получаемого фотошаблона, по сравнению с разрешением 25 мкм, значительно выше, то наиболее грубое разрешение 25 мкм было упразднено.

Кроме того, для повышения производительности фотоплоттер теперь обменивается данными с графической станцией через стандартный USB-интерфейс. Управляет новым фотоплоттером программный растровый процессор на базе платформы Intel P4 с объемом оперативной памяти не менее 256 Мбайт. Применение программного растрового процессора позволило значительно снизить затраты на разработку. Технические характеристики фотоплоттера RPL2032L8 приведены в таблице.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение (ПО) работает управлением операционной системы Windows 2000, XP. Разработанная оболочка ПО фотоплоттера (рис.2) значительно облегчает работу и позволяет гибко выполнять настройку растрового процессора с помощью меню.

Программное обеспечение позволяет выводить фотошаблоны из формата Gerber 274X, PCX и PCL5 практически из любых пакетов САПР печатных плат. Растровое преобразование изображений максимального формата и сложности при разрешении 12,5 мкм (2032 dpi) занимает всего несколько минут. На этапе растрового преобразования изображение фотошаблона разворачивается оптимальным образом в зависимости от размера фотопленки и фотошаблона, что также сокращает время вывода.

Фотошаблоны имеют высокую степень черного – не менее 3,5, что снижает требования при копировании и экспозиции изображения на фоторезист. Отсутствует разница при выводе позитивного или негативного изображения.

**Таблица. Технические характеристики фотоплоттера Rpl2032L8**

Максимальный размер рабочего поля, мм	420×480
Разрешение, мм	0,0125 (2032 dpi) 0,00625 (4064 dpi)
Среднее время вывода, мин	8 (2032 dpi) 16 (4064 dpi)
Оптический блок	Многолучевой (8 лучей)
Скорость вращения барабана, мин <sup>-1</sup>	600
Точность позиционирования, мм	0,025
Повторяемость, мм	0,025
Крепление фотопленки	Вакуумное
Минимальная толщина линии, мм	0,050
Тип фотоматериала	Kodak, Agfa (525 нм, S = 0,1; 0,18 мм)
Растровый процессор	Программный на базе Intel P4 (в комплект не входит)
Интерфейс устройства	USB 2.0
Формат графической информации	Gerber 274X, PCL5, PCX, PLT, PCAD 4.5–8.7
Операционная система	Windows 2000, XP
Потребляемая мощность, Вт	300
Масса, кг	350
Габариты, мм	950×600×1170

Каждый фотошаблон имеет технологическую зону, в которой выводится служебная информация: имя файла, дата и время вывода, серийный номер фотоплоттера и название организации. После завершения вывода информация о фотошаблоне заносится в файл отчета.

В результате работы программного растрового процессора формируется файл в формате PCL5. Вывод полученного изображения выполняет программный эмулятор формата PCL5. Вывод графического изображения, подготовленного в различных приложениях Windows, производится из формата PCX. Перед выводом на фотопленку можно визуально контролировать растровое изображение с разным масштабом на экране монитора.

В качестве дополнительной возможности предусмотрен контрольный вывод копии растрового изображения фотошаблона на лазерный или струйный принтер, поддерживаемый операционной системой.

**Рис. 1. Фотоплоттер RPL2032L8****КОМПЕНСАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ**

Помимо повышения производительности, в новом фотоплоттере большое внимание уделено повышению точности создаваемых фотошаблонов.

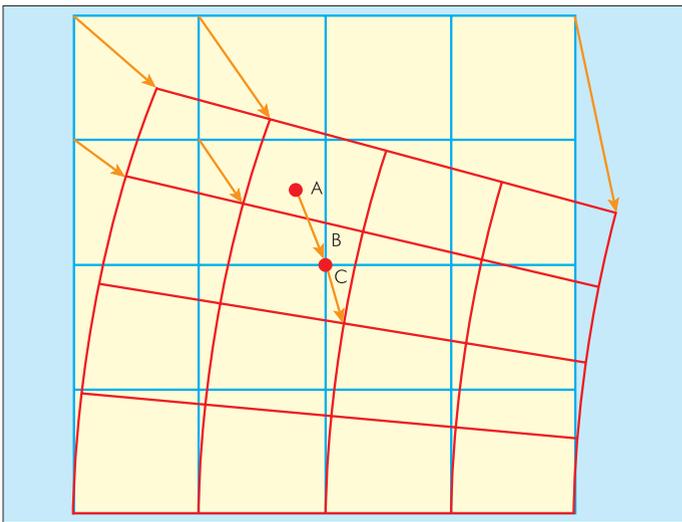
Погрешности могут возникать как из-за неидеальной точности механики, так и из-за искажений, вносимых оптическим блоком. Один из видов искажений, обусловленных механикой фотоплоттера, – неточность изготовления барабана. Чтобы оценить требуемую точность, представим, что барабан имеет отклонение радиуса (81,32818 вместо 81,48733 мм – всего на 0,2% меньше). При этом размер изображения по окружности барабана уменьшится на 1 мм, что недопустимо при изготовлении печатных плат.

Однако повышение точности механики влечет неоправданный рост стоимости готового изделия. Кроме того, в процессе эксплуатации точность снижается из-за износа механических узлов.

**Рис. 2. Графическая оболочка программного обеспечения**

Выходом из положения является программная коррекция погрешностей. В нашем случае применима растяжка изображения по окружности барабана в 1,00196 раз. После такой коррекции размер готового изображения будет соответствовать заданному.

Более сложные виды неточности барабана – конусность, подушко- или бочкообразность – приводят и к более сложным, нелинейным искажениям изображения и, соответственно – к необходимости более сложной коррекции. Так, например, изображение на фотошаблоне, созданном на барабане конусообразной формы, представляет собой развертку ко-

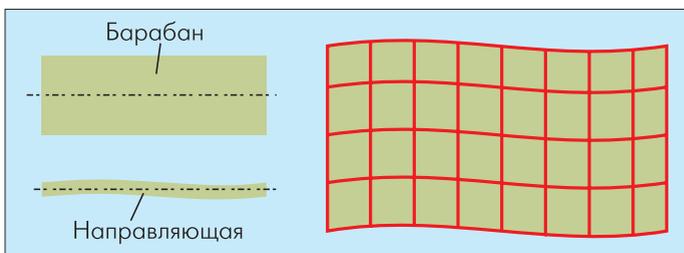


**Рис.3. Искажение изображения, вызванное конусностью барабана**

нуса. Одна сторона изображения будет сжата или растянута, а другая останется прежней. В действительности изображение еще и искривляется по дуге в сторону меньшего радиуса (рис.3). Пунктиром на рис.3 показана идеальная сетка, которая получается при отсутствии погрешностей.

Коррекция осуществляется путем введения предискажений в исходное изображение. Система коррекции, реализованная программно, разделена на блоки векторной и растровой коррекции. Сначала обработку ведут блоки векторной коррекции, а затем, после растеризации изображения, – растровые блоки. Такое разделение обусловлено тем, что некоторые типы искажений проще корректировать на векторном изображении (например, искажение апертуры). Линейные и нелинейные искажения проще корректировать на растровом изображении.

Поскольку векторы искажения АВ и ВС в общем случае не равны ни по направлению, ни по длине, системе необходимо для каждой точки изображения вычислить векторы, обратные векторам искажений. Общее количество точек при максимальном разрешении (160 точек на миллиметр) и рабочем поле 500×600 мм составит более 7,5 млрд. Понятно, что для хранения такого количества векторов потребовался бы огромный объем памяти. Выход из положения – хранение векторов только для узловых точек сетки. Остальные же векторы вычисляются "на ходу" с помощью интерполяции внутри ячейки из четырех исходных (узловых) векторов. Такая интерполяция допустима, поскольку смещение узлов сетки относительно их оригинального положения невелико – не более 1 мм в худшем случае.



**Рис.4. Нелинейность направляющих и вызванные ею искажения**

Искажение геометрии изображения может быть вызвано также нелинейностью направляющих, по которым движется оптический блок (рис.4). Искривление изображения, полученное в этом случае, будет повторять форму направляющих, как это показано на рисунке.

Искажения, вызываемые тем, что при различных разрешениях вывода апертура оптической системы остается фиксированной (луч рисует пятно фиксированного размера), компенсируются автоматическим пересчетом размера полигонов.

Таким образом, система программной компенсации способна устранять сложные искажения, вносимые как механическими, так и оптическими погрешностями оборудования.

Для измерения погрешностей производится вывод тестового изображения (сетки) с отключенной коррекцией, ее сравнение с эталоном на специализированном измерительном столе и ручной либо автоматический ввод результатов измерения в компьютер. Эти операции выполняются один раз на предприятии-изготовителе, и потребителю поставляется полностью откалиброванный аппарат.

Сочетание прецизионной механики и описанных методов коррекции позволило создать фотоплоттер такой высокой точности, какую нельзя обеспечить с помощью точной механической обработки деталей. Как правило, все современные фотоплоттеры имеют подобный механизм коррекции геометрических погрешностей.

Фотоплоттер RPL2032L8 разработан в России, поэтому потребителю доступно полноценное техническое сопровождение и обновление не только программного обеспечения, но аппаратной части устройства. ○

## НОВЫЕ КНИГИ

### ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"

**Томаси У.**  
"Электронные системы связи"

Справочное руководство по современным средствам электросвязи охватывает различные аспекты технологий передачи и обработки информации, методов приема и генерации сигналов, аналоговой и цифровой модуляции, передачи по проводным и волоконно-оптическим линиям, распространения радиоволн, спутниковой, сотовой и радиорелейной связи, протоколов передачи данных, телефонии, коммутации и сигнализации.

При беспрецедентной широте охвата, материал изложен компактно, доступно, ясно и с тонким пониманием сути рассматриваемых вопросов, известной обычно только узкому кругу специалистов данного направления. В частности, обсуждаются достоинства и недостатки рассматриваемых технических решений, использованы поясняющие числовые примеры.

Несомненно, издание будет полезно широкому кругу читателей, включая радиолюбителей, студентов, преподавателей, разработчиков аппаратуры и проектировщиков. Особый интерес книга представляет для специалистов по системной интеграции услуг связи, предоставляя необходимую справочную информацию для комплексной оценки проектируемых сетей связи.

#### Как заказать наши книги?

По почте: 125319 Москва, а/я 594

По тел./факсу: (495) 956-3346, 234-0110

E-mail: knigi@technosphera.ru; sales@technosphera.ru

