Возможности программы САМ350 для проверки технологичности проектов печатных плат.

Антон Супонин, suponin@pcbsoftware.com

Программа САМ350 предназначена для работы с производственными файлами печатных плат в формате Gerber RS274, RS274X и ODB++, их проверки, корректировки и оптимизации, а также для подготовки мультиплат (панелей) для монтажа.

САМ350 заслуженно считается одним из самых популярных инструментов для технологической подготовки проектов печатных плат, постоянно обновляется и имеет простой, доступный для понимания интерфейс. Пользователям доступны несколько конфигураций этой программы, начиная от программы просмотра САМ350-070 (без возможности модификации), либо с возможностью корректировки и анализа «в ручном режиме» САМ350-090 и САМ350-160, либо с полноценными инструментами анализа и верификации проектов, панелизации, подготовки программ для тестеров и т.д.

Пожалуй, наиболее интересной конфигурацией САМ350 для компаний, разрабатывающих печатные платы, является конфигурация DFMStream-520, предназначенная для технологической подготовки и верификации проектов с точки зрения дизайна для производства (DFM, DFA и DFT).

Возможности конфигурации CAM350 DFMStream-520

Эта сборка имеет название Design For Manufacturing Bundle – сборка, обеспечивающая дизайн для производства. В дополнение к функциям CAM350-160, она включает полный набор производственных проверок DFM между различными объектами дизайна, принимая на вход форматы Gerber или intelligent CAD Design, а также содержит Design Analyzer для упрощения процедуры оценки проектов и определения степени сложности печатной платы.

Набор инструментов анализа проекта, доступных в этой конфигурации, показан на рис.1.



Рис. 1 Список инструментов в разделе Analyze.

Опишем, как пользоваться основными инструментами анализа. Для начала рекомендуется извлечь список соединений – без него некоторые проверки не могут быть выполнены.



Extract CAM Netlist
Overwrite External Netlist
Check Nets
Overwrite CAM Net Names
Set Net End Points
Export External Nets to IPC-D-356A

1. При нажатии на иконку появляется меню назначение пунктов которого описано ниже.

Extract CAM Netlist – Если в импорте проекта использовались только Gerber файлы и файлы сверловки, то списка соединений как такового в проекте нет. Можно создать список соединений, используя данный инструмент.

Overwrite External Netlist – Если список соединений был в импортируемом проекте, то его можно перезаписать новым, который может быть получен при помощи CAM350.

Check Nets... - Запускает проверку списка соединений, который присутствует в проекте. На рис.2 показано диалоговое окно проверки цепей.

Check Nets	\times
Checking Method	
○ Treat nets as centerline data	
Treat nets as actual trace shapes	
Checking Options	
Check for antennas	
Check for net shorts	
Nets to Check	
All Nets	
◯ Selected Nets	
OK Cancel	

Рис. 2 Настройки инструмента проверки списка соединений.

Treat nets as centerline data — Обрабатывать проводящий рисунок по центрам проводящих линий. Линия имеет толщину (апертуру) и координаты концов. Если координаты концов одной линии не будут совпадать с координатами концов другой линии, то будет сформирована ошибка, даже если фактически из-за толщины линий рисунок частично накладывается, и электрическая связь фактически присутствует. Линии воспринимаются, как векторы.

Treat nets as actual trace shapes – Все линии представляются полигонами, по форме совпадающими с границами линий. И, если электрический контакт фактически существует, то это будет учтено, даже в том случае, когда концы линий не совпадают по координатам.

Check for antennas – Проверка на участки трассировки, имеющие начало, но висящие в воздухе. Как пример: не доведенные до конца трассы.

Check for net shorts – Проверка на короткое замыкание между различными линиями.

Проверку могут проходить все цепи в проекте, либо же выбранные из списка. В результате проверки будет сформирован список найденных ошибок и создан дополнительный слой, на котором участки трассировки с ошибками будут помечены линией (см. рис.3).



Рис. 3 Ошибка, полученная в ходе проверки.



Рис. 4 Отчет, полученный в ходе проверки.

Красная линия на рис.3, соединяющая основной полигон и не подсоединенную его часть, создана программой автоматически.

Overwrite CAM Net Names – Перезаписать имени соединений, полученные при помощи CAM350, сторонним списком соединений. Если имена цепей уже имеют название, сгенерированное не автоматически, то ничего не произойдет.

Set Net end points – Инструмент находит концы линий для расположения на них тестовых точек. Как правило, концы линий – это контактные площадки компонентов.



2. Нажатие на инструмент

открывает следующее меню (рис.5).

External Nets		×
🧭 Enable All 🔞 Disab	le All	
Compare Against External IPC	-D-356 Netlist File	
File Name		
Netlist Type: IPC-D-356	•	
CAI	/ Netlist Extract	
 Extract CAM netlist from designed 	n interconnect	
Assign nets to draws or f	lls detached from pads	
Assign single point nets	to unconnected pads	
Assign negative plane a	s single net (no split planes)	
✓ Ignore plated milled obje	ects for net assignment	
	Existing Nets	
 Preserve Existing Net 	Definitions and Net Names	
O Purge Existing Net De	finitions	
Preserve Existing	Negative Plane Nets	
	Drill Advisory	
Status	Data is OK	
Suaaested Action Pro	oceed	
Detected Technology	Through Hole	
Through Hole Dril	L25:drill : NC Primary	
When Comparing	External Netlist to CAM Netlist	
Ignore extra nets in externa	Inetlist	
Ignore nets in CAM netlist n	nissing from external netlist	
External Netlist has a No Con	nect Net named as:	
✓ Ignore Opens for No Conne	ectnet	
✓ Ignore Extra External No Co	onnect nets	
🚥 Run Now 👻 📘 Save to St	ream	

Рис. 5 Меню инструмента External Nets.

В этом окне можно выбрать следующие опции:

Compare against external IPC-D-356 Netlist File – В данном разделе предлагается провести сравнение стороннего списка соединений со списком соединений, присутствующем в проекте. Сторонний список соединений должен быть записан в формате IPC-D-356.

CAM Netlist Extract – Создание списка соединений на основании проводящего рисунка в проекте. Для данного подраздела доступны несколько настроек.

Extract CAM netlist from design interconnect	Получить список соединений, основываясь
	на информации о проводящем рисунке в
	проекте САМ350.
Assign nets to draws or fills detached from	Присвоить объектам (flash или polygon),
pads	полученным из контактных площадок,
	уникальную цепь.
Assign single point nets to unconnected pads	Присвоить цепь с одним контактом
	неподключенным контактным площадкам.
Assign negative plane as single net	Рассматривать негативный слой, как одну
	цепь.
Ignore plated milled objects for net assignment	Игнорировать металлизированные
	установочные слоты, полученные при
	помощи фрезеровки.

Подраздел Existing Nets.

Preserve Existing Net Definitions and Net Names – При создании списка соединений средствами CAM350, будет сохранен старый список соединений, если он существует, и имена в нем.

Purge Existing Net Definitions – Очистить список соединений и создавать его с нуля.

Preserve existing negative plane nets – Сохранять существующие цепи, которым принадлежать негативные слои.

Подраздел Drill Advisory.

Для успешного извлечения списка соединений проводящий рисунок на различных слоях проекта печатной платы должен быть связан при помощи переходных отверстий. САМ350 определяет:

- Слой, на котором расположены переходные отверстия.
- Тип переходных отверстий.
- Попадают ли переходные отверстия в центры контактных площадок.

Если все параметры выставлены правильно, и предварительная проверка на совпадение центров пройдена, то в окне Status будет выдано текущее состояние предварительных проверок и предполагаемые действия.

На рис.6. показаны возможные варианты настройки раздела "When Comparing External Netlist to CAM Netlist", предназначенного для сравнения полученного из гербер-файлов списка цепей с внешним файлом списка цепей, полученным из исходного проекта в САПР.

When Comparing External Netlist to CAM Netlist
Ignore extra nets in external netlist
Ignore nets in CAM netlist missing from external netlist
External Netlist has a No Connect Net named as:
✓ Ignore Opens for No Connect net
☑ Ignore Extra External No Connect nets

Рис. 6 Настройки процесса сравнения списка соединений из внешних источников со списком соединений САМ350.

Ignore extra nets in external netlist – При несовпадении количества цепей в списках соединений программа определяет цепи, которые есть во внешнем списке и которых нет с списке САМ350 и игнорирует их.

Ignore nets in CAM netlist missing from external netlist – Пункт противоположный предыдущему. Игнорируются цепи, которые есть в CAM350, но отсутствуют во внешнем списке.

External Netlist has no connect Net named as – Пользователю предлагается внести имя цепи из внешнего списка соединений, которая не имеет физических подключений на плате.

Ignore opens for no connect net – Игнорировать разрывы для цепи, которая не имеет подсоединений.

Ignore External No connect Nets – Полностью игнорировать цепи не имеющие физических подключений из внешнего списка соединений. Т.е., если во внешнем списке соединений есть цепь, которая никуда не подключена, то она будет проигнорирована при сравнении списков соединений.

После выставления необходимых настроек можно запустить механизм сравнения списков соединений на всем проекте, в пределах контура печатной платы, либо в пределах выбранной пользователем области.



3. Инструмент выполняет сравнение двух слоев в проекте с заданной точностью.

yers		
🗴 Enable All (🖲 Disable	e All	
ayers		
Select two Layers to compare aga	ainst each other. use Zoom cont	ols or middle mouse button to pan and zoom each Layer Window.
Select First Layer to compare: Co	omOutlineTop	▼ Select Second Layer to
		Checks
Select	Hide All Areas	•
Use Negative Name	Туре	> 0.0125 x 0.0125 ¥
Entire R	egion Entire Region	
Fip: Only selected items are includ	ded in the check.	
Delete Previous Errors		

Рис. 7 Настройки инструмента сравнения 2-х слоев.

В левой и правой областях диалогового окна, показанного на рис.7, расположены схематические упрощенные представления сравниваемых слоев.

Проверку можно производить во всей области проекта или же в заданной пользователем области.

Layers	X Analyzer Area	er Error Error Rule Explorer Markers Area
🛿 Enable All 🐵 Disable All	керог	View VIew
Layers		
Select two Layers to compare against each other. use Zoom controls or middle mouse button to pan and zoom each Layer Window.		
Select First Layer to compare: 1 Select Second Layer to 2		
	12	
Checks		
k} Select ▼ Show: Hide All Areas ▼ .0125 ▼	12	
Use Negative Name Type > 0.0125 x 0.0125 v		
Entire Region Entire Region		
Tip: Only selected items are included in the check.		
▼ ▼	t, Loading	
🕏 Run Now 👻	.474614:14.06 t, Loading .474614:14.06	9314 to 56.474424:14.0

Рис. 8 Сравнение двух слоев между собой.

При нажатии на "Run Now" будет предложено выбрать исследуемую область, либо проводить сравнение по проекту целиком (рис.9).

После выполнения проверки будет сформирован список ошибок, который можно будет посмотреть в браузере ошибок (рис.10).



Рис. 9 Указание области, в которой будет проводиться проверка.

¢ Cam Cap Part	· · ·		12		12 12		
Error Explo	 Yalidate Validate 14:52:52, 1 pare 0 - 1 	▼ Eg Tree Displa 5.01.2020/ - 1 Errors Errors. 0 Hidden	y 👻 Marker D . O Hicken	Display 👻 🔲 2	Zoom to Selecti	ion 🔒 Lock	Layers 😝
∠ ERROR	Id	AE DEFINED - 1 Erro Check Layer L2:L3-INT1.art	ors 0 Hidden		X 23.24		
System Messages	DCodes	Nets External Nets	Parts Drill and 1	Viill Tools Layers	Padstacks	Rule Areas Er	ror Explorer

Рис. 10 Результаты проведения проверки на различия в слоях.



4. Инструмент сравнивает два проекта послойно между собой.

Работа инструмента очень похожа на простое сравнение двух слоев между собой. Однако, сравнение происходит попарно для всех слоев, содержащихся в исследуемых проектах (рис.11).

				_					
Design									×
🕑 Enable	e All 🔞 Dis	able All			Delete Importe	ed desig	IN		
Designs -									
Local Desi	gn: Local Desi	ign			Import Design to	Compa	re C:\NOW_WOR	K\!MANUALS\CAM	Load
	5	5							
			÷	+		•			+
				-====			6		
		K							
			1979) 1999 1997			1			
	医液儿 的								
			1						
				-					-
		A Summer Star		-			Carrier and an and an and an and		-
Areas:				(Checks			Check Drills:	
Aleas.	_				Glieck Layers.			Glieck Dhills.	
Select	Show:	Hide All	Areas	*	✓ Compare	layers		✓ Compare d	Irills
Use	Negative Name	9	Туре		Error Size:	0.15		🗹 Find mi	ssing drills
	Entire	Region	Entire Region		✓ Detect mi	issing la	yers	✓ Find ex	tra drills
					- Detector				
					✓ Detect ex	dra layei	'S	🗹 Find mi	smatched drills
Tip: Only s	elected items are in	ncluded in the	check.						
				La	yers Filter				
Layers: 1 1	19, 2 20, 6 21, 8 2	2							
Select	t 👻 All Layers				-				
Use	Lyr ID	Layer Nam	е	Layer	Description		Map Layer Name		^
~	1	L3-INT1.art		Graphi	ic		19 L3-INT1.art		
~	2	L3-INT1.art		Graphi	ic		20 L3-INT1.art		
\checkmark	6	Layer_6		Dielec	tric		21 Layer_6		
\checkmark	8	Layer_8		Dielec	tric		22 Layer_8		
					•				
Run Nov	v 🔻								

Рис. 11 Окно настройки инструмента сравнения 2-х проектов между собой.

Можно сравнивать сверловку, графические объекты, либо все вместе.

В процессе сравнения CAM350 может самостоятельно определять несовпадающие слои и отсутствующую в одном из проектов сверловку. Так же доступен фильтр, в котором можно выбрать только некоторые слои для сравнения.

reas:					Check Layers:			Check Drills:	
🗟 Select 👻	Show:	Hide Al	lAreas	*	🗹 Compare	layers		Compare drills	
Use Neg	gative Name		Туре		Error Size:	0.15		✓ Find missing of	drills
p: Only select	Entire F ted items are in	Region duded in th	Entire Region		✓ Detect mi	ssing la tra laye	10: Layer_10 12: Layer_12 14: Layer_14 16: Layer_16 18: Layer_18		11
ayers: 1 19, 2	20, 6 21, 8 22 All Layers	l aver Nan	ne	Lay	vers Filter		19: L3-INT1.art 20: L3-INT1.art 21: Layer_6 22: Layer_8 23: Layer_10 24: Layer_12 25: Layer_14 26: Layer_16		
ayers: 1 19, 2 Select 👻 Use	20, 6 21, 8 22 All Layers Lyr ID	Layer Nan	ne	Lay Layer [vers Filter		19: L3-INT1.art 20: L3-INT1.art 21: Layer_6 22: Layer_10 24: Layer_10 24: Layer_12 25: Layer_14 26: Layer_16 27: Layer_18		
ayers: 1 19, 2	20, 6 21, 8 22 All Layers Lyr ID 1	Layer Nan L3-INT1.ar L3-INT1.ar	ne t	Lay Layer D Graphic Graphic	vers Filter		19: L3-INT1.art 20: L3-INT1.art 21: Layer_6 22: Layer_8 23: Layer_10 24: Layer_12 25: Layer_14 26: Layer_16 27: Layer_18 19 20: L3-INT1.art]	¥
ayers: 1 19, 2	20, 6 21, 8 22 All Layers Lyr ID 1 2 6	Layer Nan L3-INT1.ar L3-INT1.ar Layer_6	ne t	Lay Layer D Graphic Dielect	vers Filter	[19: L3-INT1.art 20: L3-INT1.art 21: Layer_6 22: Layer_8 23: Layer_10 24: Layer_10 24: Layer_12 25: Layer_14 26: Layer_16 27: Layer_18 19 20: L3-INT1.art 21: Layer_6]	Y
ayers: 1 19, 2	20, 6 21, 8 22 All Layers Lyr ID 1 2 6 8	Layer Nan L3-INT1.ar L3-INT1.ar Layer_6 Layer_8	ne t	Layer D Graphic Dielectr Dielectr	vers Filter	ſ	19:13-INT1.art 20:L3-INT1.art 21:Layer_6 22:Layer_6 22:Layer_10 24:Layer_10 24:Layer_12 25:Layer_14 26:Layer_14 26:Layer_14 27:Layer_18 19 20:L3-INT1.art 21:Layer_6 22:Layer_8]	¥

Рис. 12 Установка соответствия слоев между двумя проектами.

Соответствие слоев устанавливается автоматически, но при желании пользователь может изменить соответствие по своему желанию (рис.12).

В остальном работа инструмента идентична алгоритму, описанному ранее.



5. Инструмент — - оптимизация проекта и удаление повторяющихся или избыточных участков графики.

При активации данного инструмента возникает следующее диалоговое окно (рис.13).

S Enable All		Du	Jues i liter		
	Dcodes:				
Remove Covered Data	🔓 Selec	t 👻 Show:	All Dcod	les	
Tolerance: 0.00254 mm	Lise	Dcode	Shane	Size	
Remove pads covered by fills		10	Round	2 00	
Remove fills covered by pads		11	Square	1.00	
		12	Round	0.40	
✓ Pad Objects		13	Round	4.20	
Remove unused pads		14	Round	1.90	
Pressnue via node for start and and layor-		15	Round	1.05	`
Preserve via pads for start and end layers	Tip: Only	elected items	are included	in the chee	ck.
Remove redundant pads					
Positional Tolerance: 0.0254 mm		Lay	vers Filter		
Remove pads smaller than drill if annular ring					
		Ar	eas Filter		
Less than: 0.0234 mm					
Assign partial vias as laser vias if drill size					
Equal to or less than: 0.2032 mm					
✓ Locate and identify fiducials					
Extract CAM netlist from design interconnect					
Assign nets to draws or fills detached from pads					
Assign single point nets to unconnected pads					
Assign negative plane as single net (no split planes)					
✓ Ignore plated milled objects for net assignment					
Existing Nets					
Preserve Existing Net Definitions and Net Nam					
O Purge Existing Net Definitions					
✓ Preserve Existing Negative Plane Nets					
Other					
Convert drawn polygons to raster polygons					
I ocate and exclude stroked text objects					
✓ Replace current design with processed version					
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					

Рис. 13 Окно настроек инструмента очистки данных и удаления повторяющихся участков.

Подраздел Remove Covered Data – Удаление накладывающийся друг на друга графики.

- Remove pads covered by fills – Удалить контактные площадки, полностью находящиеся в полигоне одноименной цепи. Если площадка полностью накрывается полигоном, то она будет удалена.

- Remove fills covered by pads – Обратная ситуация. Если полигон полностью находится в контактной площадке, то он будет удален.

Подраздел Pad objects – Удаляет повторяющиеся контактные площадки и площадки, размер которых менее отверстий, совпадающих с ними по координатам.

- Remove unused pads – Удаление не подключенных к проводникам контактных площадок. Например, подавление неиспользуемых площадок у переходных отверстий.

- Preserve via pads for start and end layer – Если площадки не используются, но находятся на начальном и конечном слое для рассматриваемого переходного отверстия, то они не будут удалены. Иначе металлизации в отверстии не будет.

- Remove redundant pads – Удаление накладывающихся друг на друга площадок.

- Remove pads smaller than drill if annular ring – Удаление контактных площадок, совпадающих размерами с отверстием, либо менее отверстия. Задается минимальное значение гарантийного пояска между площадкой и отверстием. Если поясок меньше заданного значения – площадка удалится.

- Assign partial vias as laser vias if drill size equal or less than Переходные отверстия, диаметр которых менее указанного, будут преобразованы в лазерные отверстия.
- Locate and identify fiducials Обнаруживать реперные точки самостоятельно. Будет произведена попытка найти в проекте реперные точки.

Подраздел Extract CAM netlist from design interconnect – Данный подраздел уже описывался ранее.

Подраздел Other – Содержит различные опции.

- Convert drawn polygons to raster polygons Преобразование полигонов в растровый тип.
 Такой тип полигонов состоит из сплошной заливки и границы полигона. Его описание занимает меньше места, чем описание векторного полигона.
- Locate and exclude stroked text objects Автоматическое определение и исключение из рассмотрения контурного текста. Данный текст состоит только из контура без заполнения.
- Replace current design with processed version Заменять старую версию проекта обработанной.

)codos Filtor		
Drodes:		Codes i liter		
Debues.	_			
🗟 Select	 Show 	: All Dcod	es	Ŧ
Use	Dcode	Shape	Size	^
	10	Round	2.00	
	11	Square	1.00	
	12	Round	0.40	
	13	Round	4.20	
	14	Round	1.90	
	15	Round	1.05	\sim
		avers Filter		
	tor Electric	all finner Des F	loctrical] [long	r N
ayers. [Ou		aij, (inner ros c	lectricalj, (inne	
🗟 Select	➡ Show	: {Positive	Plane}	*
Use	Layer Na	me	Layer Type	^
030				
✓	[Outer Ele	ectrical]		
 ✓ ✓ 	[Outer Ele [Inner Pos	ectrical] s Electrical]		
	[Outer Ele [Inner Pos [Top]	ectrical] s Electrical]		
	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom]	ectrical] s Electrical]		
	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan	ectrical] s Electrical] ie]		
	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan [Inner Neo	ectrical] s Electrical] e] g Electrical]		~
Tip: Only se	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan [Inner Nec	ectrical] s Electrical] e] g Electrical] ns are included	in the check.	~
Tip: Only se	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan [Inner Neo elected item	ectrical] a Electrical] a Electrical] a Electrical1 ns are included Areas Filter	in the check.	~
Tip: Only se	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan [Inner Ned elected item	ectrical] a Electrical] a Electrical] as are included Areas Filter	in the check.	
Tip: Only se	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan [Inner Ned elected item	ectrical] a Electrical] a Electrical] a Electrical] as are included Areas Filter : Hide All.	in the check.	~
Fip: Only se Areas: Use Ne	[Outer Ele [Inner Pos [Top] [Bottom] [Pos Plan [Inner Ned elected item Show	ectrical] a Electrical] a Electrical] a Electrical] as are included Areas Filter : Hide All. ame	in the check. Areas	-

Рис. 14 Настройка фильтров по апертурам, слоям, области.

На рис. 14 показаны различные фильтры, которые можно использовать для сокращения области оптимизации данных. Можно проводить оптимизацию только по набору апертур, либо только на заданных слоях и областях.



6. Инструмент Spacing измеряет расстояние между различными элементами проводящего рисунка (рис.15).

CI Eastel	- All 6	Disable	A 11				Dec	adaa Eiltar		
S Enable	e All	Disable	All			Deodos:	Du	Juestinei		
Set all valu	es to:	0.15	mm 🗸	Apply		Doutes.				
	C	opper spac	ing (Differen	t Nets)		Selec	t 🔻 Show:	All Dcod	les	
All	Pad	Track	Copper			Use	Dcode	Shape	Size	^
Copper	0.15	0.15	0.15				10	Round	2.00	
Track	✓ 0.15	✓ 0.15					11	Square	1.00	
Pad	0.15						12	Round	0.40	
							13	Round	4.20	
		Board or	utline spacin	a			14	Round	1.90	
All	Board	Mill Path	Mill Tab]			15	Round	1.05	~
Conner	0 15	0 15	0 15			Tip: Only s	selected items	are included	l in the chee	ck.
		Pad	Ispacing				NC	l ools Filter		
All	Laser	Via	Through	SMD			Lav	/ers Filter		
SMD	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15						
Through	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15				NCI	avers Filter		
Via		✓ 0.15					110 2	ayorornitor		
Laser	✓ 0.15						Δ	514		
✓ No	n-Drilled to A	All:		0.15 mm			Al	eas i liter		
✓ Pir	Pad to Pin F	Pad:		0.15 mm						
\checkmark		Drill	spacing							
All	Unplated	Through	Laser	Via	Back					
Copper	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15					
Pad	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15					
Trock	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15	✓ 0.15					

Рис. 15 Настройки инструмента Copper Spacing.

Подраздел Copper Spacing (Different Nets) – Измерение расстояний между различными частями проводящего рисунка, который принадлежит разноименным цепям. Проводящий рисунок подразделяется на контактные площадки (Pad), проводники (Track) и полигоны (copper). Расстояние между двумя любыми типами объектов задается при помощи "косынки".

Подраздел Board outline spacing – Измеряется расстояние между контуром платы, фрезерованными пазами, перемычками и проводящим рисунком. Расстояние от проводящего рисунка до упомянутых объектов не должно быть меньше заданного.

Подраздел Pad Spacing – Измеряется расстояние между контактными площадками различных типов объектов. Это могут быть: лазерные переходные отверстия (Laser), сквозные переходные отверстия (Via), монтажные отверстия (through) и контактные площадки, расположенные тольк она одном слое (SMD).

Non drilled to all – проверяется минимальное расстояние от площадок, не имеющих отверстий, до любой соседней меди.

Pin spacing to pin spacing – проверяется расстояние между выводами компонентов (при условии, что компоненты были загружены в программу из проекта САПР).

Подраздел Drill spacing – Измерение расстояния от отверстия до различных частей проводящего рисунка.

В правой части диалогового окна находятся различные фильтры, позволяющие исключить часть данных из проверки. Описывать настройку фильтров не имеет смысла, т.к. она интуитивно понятна.



7. Инструмент Ring осуществляет проверку на наличие и минимально необходимые значения гарантийного пояска (рис.16).

Constraints			
S Enable All	🙁 D	isable All	
Set all minimum valu	ues t	0.15 mm	🗸 Apply
✓ Pads			
Minimum:	0.15	mm	
✓ Pin pads			
Minimum:	0.15	mm	
✓ Pressfit pin pads			
Minimum:	0.15	mm	
✓ Via pads			
Minimum:	0.15	mm	
🗸 Laser via pads			
Minimum:	0.15	mm	
🗸 Blind via pads			
Minimum:	0.15	mm	
✓ Buried via pads			
Minimum:	0.15	mm	
 Pads with unplate 	d drill		
Minimum:	0.15	mm	
✓ Ignore pads	smaller tha	an associated	drills
Size:	0.508	mm	

Рис. 16 Левая часть диалогового окна Annular Ring.

Pads Minimum – Проверка измеряет расстояние от края отверстия до края любого проводящего рисунка, в котором находится отверстие. Под проводящим рисунком понимается VIA, КП, полигон, проводник. И если расстояние от отверстия до края меди менее заданного, формируется ошибка DRC. Примеры см. на рис.17...19.



Рис. 17 Расстояние от края отверстия до края КП.



Рис. 18 Расстояние от края отверстия до края полигона.



Рис. 19 Расстояние от края отверстия до края площадки VIA.

Pin Pads Minimum – Проверяет расстояние от края отверстий до края Контактных площадок, которым принадлежат эти отверстия. Т.е., ошибки, допущенные в переходных отверстиях, в эту проверку уже не войдут.

Pressfit Pin Pads Minimum – Измеряет минимальное расстояние между краем отверстия и площадки в монтажных отверстиях компонентов с запрессовкой (разъемов).

VIA pads minimum – Проверяет минимальный гарантийный поясок у переходных отверстий.

Laser VIA pads / Blind VIA pads / Buried VIA pads – Проверяет гарантийные пояски у не стандартных переходных отверстий. Это лазерные отверстия, связывающие соседние слои, слепые отверстия и погребенные отверстия. Погребенные отверстия находятся в теле печатной платы и связывают между собой только внутренние слои, не выходя на поверхность. Так же эти типы отверстий различаются по технологии их изготовления.

Pads with unplated drill – На плате могут присутствовать установочные отверстия, металлизация которых не нужна. Но отверстия могут иметь контактные площадки для лучшего прижима винтов или иных целей. Данная проверка проверяет гарантийный поясок между этими площадками и содержащимися в них неметаллизированными отверстиями.

Ignore Pads smaller than associated drills than – Позволяет не проводить проверку над площадками, которые меньше принадлежащих им отверстий на заданную величину. Т.е., эти площадки будут высверлены при изготовлении печатной платы и оставлены просто для ориентира.

В правой части диалогового окна, как обычно, располагаются разделы для ограничения проводимых проверок по различным критериям. Описывать их мы не будем. Приведем только пример, когда необходимо провести проверку только для слоя ТОР и только для одного слоя сверловки (рис.20), поскольку слоев, содержащих отверстия в проекте печатной платы САМ350, может быть несколько.

ayers: top)			
Select	t 🔻 Show:	{Sig	nal}	-
Use	Layer Name		Layer Type	^
\checkmark	top		Тор	
	I2-gnd		Positive Pl.	
	I3-int1		Internal	
	l4-pwr		Positive PI	
	I5-pwr		Positive PI	
	I6-int2		Internal	
ip: Only s	elected items a	re inclu yers Fil	ded in the check. ter	
ip: Only s	elected items a NC La	re inclu yers Fil	ded in the check. ter	
C Layers:	elected items a NC La Layer_29	re inclue yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers}	
p: Only s C Layers:	elected items a NC La Layer_29 Layer Name	re inclu yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers}	pe
ip: Only so C Layers: Select Use	elected items a NC La Layer_29 Layer Name outline	re inclue yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers} Layer Ty NC Prima	pe
ip: Only so IC Layers:	elected items a NC La Layer_29 Show: Layer Name outline drill	re inclu yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers} Layer Ty NC Prima	pe iry
ip: Only si	elected items a NC La Layer_29 Layer Name outline drill Layer_29	re inclu yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers} Layer Ty NC Prima NC Prima	pe iry iry
C Layers:	elected items a NC La Layer_29 Layer Name outline drill Layer_29 [All NC]	re inclu yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers} Layer Ty NC Prima NC Prima	pe iry iry
ip: Only si	elected items a NC La Layer_29 Layer Name outline drill Layer_29 [All NC] [NC Primary]	re inclue yers Fil {NC	ded in the check. ter Layers} Layer Ty NC Prima NC Prima	pe iry iry

Рис. 20 Иллюстрация настройки полей, ограничивающих проведение проверки каким-либо критерием.



8. Инструмент Feature выполняет проверки на минимальные области и зазоры между различными участками поводящего рисунка (рис.21).

Minimum Feature
Constraints
🕙 Enable All 🔞 Disable All
Set all size values to: 0.13 mm 🗸 Apply
Minimum track width
Size: 0.13 mm
Minimum pad size
Size: 0.13 mm
Minimum gap (different nets)
Size: 0.13 mm
Failure Threshold (%): 1.00
Search for Straits
Search for Gulfs
Minimum width
Size 0.13 mm
Failure Threshold (%): 50.0
Search for Spikes
✓ Detect small objects
✓ Ignore thermal reliefs on Negative Planes
Minimum gap (same net)
Size: 0.13 mm
Failure Threshold (%): 50.0
✓ Detect gaps between voids
💋 Run Now 👻 📙 Save to Stream

Рис. 21 Настройки инструмента Minimum Feature.

Minimum track width size – Проверка на минимальную ширину проводника.

Minimum pad size – Проверка на минимальные размеры контактных площадок.

Minimum gap (different nets) – Минимальные расстояния между различными цепями.

- Size – определяет расстояние от одной цепи до другой.

- Failure threshold (%) – Настройка необходима для игнорирования зазоров, которые наблюдаются на площади равной: зазор*зазор*проценты. Пример: 8 mm² X 50% = 32 квадратных мм. Зазоры площадью менее, чем 32 квадратных миллиметра будут проигнорированы.

Почему вводится понятие "площадь зазора"? САМ350 определяет минимальные зазоры между различными участками проводящего рисунка. Но зазоры могут быть между различными участками. Это может быть зазор между двумя параллельными линиями. Или же зазор между контактной площадкой и линией.



Рис. 22 Иллюстрация области, где не выполнен зазор между площадками.

Если зазор не соблюдается между двумя круглыми КП или же между углом КП и проводником, то площадь, на которой этот зазор не соблюдается, по сути, должна быть нулевой. Чтобы обойти данное противоречие, между двумя элементами проводящего рисунка по внутреннему алгоритму программы рисуется некоторая область. Пример можно видеть на рис 22 или же рис. 23.



Рис. 23 Иллюстрация области, созданной программой САМ350 для отображения DRC.

Эта область, созданная программой, уже имеет ненулевую площадь, которая может быть подсчитана, и соответственно может быть применено правило "Failure threshold".



Рис. 23 Еще один пример области, созданной САМ350, в которой заданный зазор не соблюдается.

Если же зазор не соблюдается между параллельными участками проводящих линий, то там подсчет площади не представляет трудностей (рис.24).



Рис. 24 Область нарушения DRC между параллельными участками проводников.

Чтобы САМ350 измеряла расстояния между параллельными участками проводящего рисунка, необходимо поставить галочку напротив опции Search for Straits.

- Search for Gulfs – данная настройка ищет кислотные ловушки. Площадь кислотной ловушки подсчитывается по формуле A*A*проценты, где A – значение минимального расстояния между двумя элементами проводящего рисунка. Эта проверка очень чувствительна к параметру "Failure threshold". Если поставить значение 1%, то CAM350 начнет обнаруживать даже очень маленькие по площади кислотные ловушки (рис.25), что только засоряет отчеты и делает их малочитаемыми.



Рис. 25 Маленькая кислотная ловушка, попавшая в отчет из-за неправильно выбранного параметра Failure threshold.

Чтобы избежать описанных ситуаций, следует устанавливать параметр Failure Threshold равным 50% или более. Обычно, этот параметр редко отличается от значений, установленных по умолчанию.

Ignore thermal reliefs on negative planes – На негативных слоях термобарьеры контактных площадок представляют собой небольшие позитивные области, расположенные близко друг к другу. Данная настройка позволяет игнорировать их и не генерировать лишние ошибки.

Minimum width size – Проверка ищет места в проводящем рисунке, которые уже, чем заданное значение. Это могут быть не только проводники, но и различные заужения в полигонах, острые концы в полигонах и т.п. участки проводящего рисунка. Т.е., любые длинные узкие области, которые не проработаются на фотошаблонах или будут стравлены в процессе травления (см. пример на рис.26).



Рис. 26 Иллюстрация работы инструмента Minimum width на примере проводника.



Рис. 27 Пример узкого места в полигоне.



Рис. 28 Пример участка полигона, не подключенного одним своим концом к цепи, и обладающего малыми размерами.

- Detect for necks – Программа находит области заужения, за которыми потом наступает расширение полигона. Эта ситуация показана на рис. 27.

- Detect for Spikes – Программа находит области, похожие на иглы: очень узкие и длинные.

- Detect small objects – программа обнаруживает в топологии микро-объекты, имеющие размер меньше указанного, и помечает их как ошибки.

Minimum gap same net – Определяет минимальное расстояние между участками проводящего рисунка одноименных цепей. Работа инструмента полностью аналогична "Minimum gap (different net)".



Рис. 29 Иллюстрация работы инструмента "Minimum gap same net".

- Detect gaps between voids – Часто в полигонах содержатся вырезы. Если данная опция выбрана, то CAM350 измеряет расстояния между данными вырезами.



9. Инструмент Geometry измеряет различные параметры проводящего рисунка, не описанные в предыдущих проверках (рис.30).

Copper Geometry
Constraints
Senable All Senable All
Set all size values to: 0.127 mm 🗸 Apply
 Redundant pads Plated drills without pads Pads without drills
Pad center to center tolerance
Minimum: 0.0 mm
✓ Ignore non-circular pads
Acid traps (acute angles)
Size: 0.127 mm
Angle 30.0 degrees
Slivers of copper
Size: 0.127 mm
✓ Ignore pin holes smaller than
Size: 0.127 mm
✓ Pin holes in copper
Size: 0.127 mm
Antennas
✓ Track to Anti-Pad
Size: 0.1 mm
✓ Ignore thermals
Plane Layers Filter
Plane Layers:
Select Show: {Signal}
Use Layer Name Layer Ty ^
top Top 🗸
Tip: Only selected items are included in the check.
🐴 Run Now 👻 📙 Save to Stream

Рис. 30 Проверки в разделе Copper Geometry.

Redundant pads – Определение повторяющихся контактных площадок.

Plated drills without pads – Определение отверстий, которые помечены как металлизированные, но не имеют контактных площадок.

Pads without drills – Определение контактных площадок, в которых отсутствуют отверстия.

Pad center to center tolerance – Расстояние между КП, находящимися друг под другом на различных слоях.

Проверка Pads without drills ставит своей целью предупредить ситуацию, когда по каким-либо причинам отсутствует отверстие на контактной площадке. Т.е. получились переходные отверстия либо монтажные отверстия с контактными площадками, но без самих отверстий. Площадки круглой формы расположены на различных слоях строго друг над другом, но не связаны отверстием между собой. Такая ситуация требует проверки человеком, и программа обращает внимание специалиста на данное обстоятельство.

Ignore non circular pads – Исключать из рассмотрения площадки не круглой формы.

Acid traps (acute angels) – Определение кислотных ловушек в проводящем рисунке (см. рис.31).

- Size – определяет размер кислотной ловушки.

- Angel – Устанавливает критерий, исключая предположительные места кислотных ловушек, угол раскрытия которых больше указанного.



Рис. 31 Кислотная ловушка, обнаруженная при помощи инструмента Acid Traps (acute angels)

Slivers of copper – Определяет узкие и тонкие участки меди. Они плохо прорабатываются на фоторезисте и в результате на печатной плате. Эти участки не являются антеннами и могут быть подсоединены к проводящему рисунку с 2-х своих концов.

Проверка должна проводиться на возвратных слоях, где расположены полигоны земли и питания. Если проводить данную проверку на сигнальных слоях, то она представляет неправильные результаты, ошибочно определяя проводники вместо Slivers.

Ignore pin holes smaller than – Игнорировать небольшие вырезы в полигонах размеры которых не превышают указанного значения.

Pin holes in copper – Проверка находит области в полигонах меди, которые имеют размеры, менее указанных по одной из осей. В качестве примера можно привести неверно спроектированный термобарьер около контактной площадки (рис.32).



Рис. 32 Иллюстрация объекта Pin Hole.

Другим ярким примером Pin hole является окошко в сетчатом полигоне.

Antennas – Определение длинных тонких участков проводящего рисунка, которые одним своим концом не подсоединены к какому-либо участку трассировки. Это могут быть "висящие" проводники, участки полигонов.

Track to antipad – Измерение расстояния от сигнальной линии до края антипада. Площадка антипад представляет собой отрицательную область и создает вырез в полигоне при попадании ее в область, занятую полигоном. Суть проверки заключается в том, что если проводник близко подходит к вырезу в полигоне, то препрега может не хватить, поскольку происходит слишком резкий перепад высоты между понижением в месте антипада и повышением в месте проходящего рядом проводника. А препрегу необходимо этот перепад компенсировать, что не всегда возможно.



10. Инструмент Mask выполняет проверки защитной паяльной маски (рис.33).

older Ma	sk				
Constraints —					
🧭 Enable	All) Disable	All		
Set all value	es to:	0.0762 r	mm 🗸 A	Apply	
	Solderr	nask minimu	um annular ri	ing for drills	
Plated	Unplated	Via	Laser via		
✓ 0.13	✓ 0.13	✓ 0.13	✓ 0.13		
	Soldern	nask minimu	ım annular ri	ng for pads	
SMD	Plated	Unplated	Undrilled	Via	Laser via
0.08	✓ 0.08	✓ 0.08	✓ 0.08	✓ 0.08	✓ 0.08
	S	oldermask r	minimum spa	acing	
All	Track	Pad	Copper		
Mask	✓ 0.08	V 0.08	✓ 0.08		
All	Mask Dr	Mask Pad			
Mask Pad	✓ 0.08	0.08			
Mask Dr	✓ 0.08				
		Extra S	oldermask		
Solderm	ask without ore unplated	copper I through hole	e pads		
Solderm	ask without	pads			
Igno	ore unplated	through hole	e pads		

Рис. 33а Инструменты раздела Solder Mask. Начало.

✓ For undrilled pads		
✓ For unplated through hole page	ds	
For plated through hole pads		
✓ Ignore vias		
✓ For via pads		
For laser via pads		
 For test point pads 		
	Other	
	Other	
✓ Slivers of soldermask		
Maximum size:	0.0762	mm
 Potential solder bridging 		
Minimum spacing:	0.2032	mm
Pin holes in soldermask		
Size in square units:	0.2032	sq. mm

Рис. 33б Инструменты раздела Solder Mask. Продолжение.

Soldermask minimum annular ring for drills (рис.34) – Проверка устанавливает минимальные зазоры между краем вскрытия от маски и различными отверстиями на которых эта маска вскрывается. Как правило вскрытие от маски больше, чем отверстие. Если вскрытие будет меньше или равно отверстию, то маска может затечь в отверстие или пригореть при сверлении, если отверстие неметаллизировано.

	Solderr	nask minim	um annular r	ing for drills	
Plated	Unplated	Via	Laser via		
✓ 0.13	✓ 0.13	✓ 0.13	✓ 0.13		

Рис. 34 Подраздел проверок гарантийного пояска между различными типами	отверстий и
вскрытием от маски.	

S	oldermask r	ninimum spa	acing
Track	Pad	Copper	
✓ 0.08	✓ 0.08	✓ 0.08	
Mask Dr	Mask Pad		
✓ 0.08	✓ 0.08		
✓ 0.08			
	S Track 0.08 Mask Dr 0.08 0.08	Soldermask r Track Pad ✓ 0.08 ✓ 0.08 Mask Dr Mask Pad ✓ 0.08 ✓ 0.08 ✓ 0.08	Soldermask minimum spa Track Pad Copper ✓ 0.08 ✓ 0.08 ✓ 0.08 Mask Dr Mask Pad ✓ 0.08 ✓ 0.08 ✓ 0.08 ✓ 0.08

Рис. 35 Подраздел проверок минимального расстояния от маски до элементов проводящего рисунка.

Soldermask minimal spacing (рис.35) - Проверка определяет минимально возможное расстояние от вскрытия до любого элемента проводящего рисунка. Из-за погрешностей изготовления и позиционирования вскрытие от маски может оказаться над соседним элементом проводящего рисунка и возникнет возможность образования мостика из припоя (см. пример на рис.36).



Рис. 36 Место с возможностью образования мостика из припоя.

Extra solder mask – Проверка на избыточность паяльной маски. Возможно, что в некоторых местах печатной платы вскрытий от паяльной маски быть не должно, а они есть.

- Soldermask without copper – Проверяет наличие проводящего рисунка под вскрытием от маски. Если рисунок отсутствует, выдается ошибка.

- Ignore unplated through hole pads – Игнорировать вскрытие от маски, которое расположено над неметаллизированными отверстиями в печатной плате. Такие отверстия обычно не имеют меди около себя, однако вскрытие от маски им необходимо. Для избежания попадания таких мест в DRC отчет необходимо отметить данную опцию в настройках.

- Soldermask without pads – Проверяет наличие контактных площадок под вскрытием от маски. Вскрытие от маски возможно создать при помощи объекта Flash и Shape. Объекты Flash применяются для вскрытий над контактными площадками компонентов. В проектах возможны ситуации, когда из-за неправильного определения контактной площадки в САПР ПП, площадок не оказывается на месте в Gerber файлах. Такие ошибки и находит данная проверка.

- Ignore unplated through hole pads — Как и в предыдущем случае, у неметаллизированных отверстий в большинстве случаев нет медного пояска или иных проводящих частей, но вскрытие от маски им необходимо.



Рис. 37 Опции подраздела Missing Soldermask

Missing soldermask (рис.37) – Проверка контролирует наличие вскрытий от паяльной маски над различными объектами в проекте.

- For SMD pads / for undrilled pads – Проверка для SMD контактных площадок и для площадок без отверстий.

- For unplated / plated through hole pads – Для металлизированных и неметаллизированных отверстий в печатной плате.

- Ignore vias – Если переходные отверстия не вскрываются от маски, то необходимо отмечать данную опцию.

- For via pads Проверка для переходных отверстий.
- For laser via pads Проверка для лазерных переходных отверстий.
- For test point pads Проверка наличия вскрытия над тестовыми точками.

Other – Нехарактерные проверки на ошибки, допущенные при формировании вскрытий от защитной паяльной маски (рис.38).

	Other	
Slivers of soldermask Maximum size:	0.0762	mm
Potential solder bridging Minimum spacing:	0.2032	mm
✓ Pin holes in soldermask Size in square units:	0.2032	sq. mm

Рис. 38 Опции подраздела Other.

Slivers of soldermask maximum size – Между вскрытиями в маске могут образовываться очень узкие области, где в соответствии с Gerber файлами маска присутствовать должна. Но из-за несовершенства технологии производства ПП фактически маска в таких местах будет отсутствовать. Данная проверка ищет узкие тонкие области между вскрытиями от маски. Ширина области задается пользователем (см. пример на рис. 39).



Рис. 39 Пример Sliver между вскрытиями в паяльной маске.

Potential solder bridging – Проверка ищет места, в которых вскрытые от маски участки трассировки расположены слишком близко друг к другу и при операции пайки или лужении КП между ними могут образовываться мостики из припоя. Как правило, такие ошибки допускаются при разработке посадочных мест с относительно малым шагом между выводами компонентов.

Pin holes in soldermask – Проверяется наличие очень маленьких областей, где маска должна отсутствовать по каким-либо причинам. Данные области не будут проработаны на конечной печатной плате из-за несовершенства технологии изготовления печатных плат. Пример: если сравнить вскрытие от маски с листом бумаги, то программа ищет места, где этот лист прокололи иголкой.



11. Инструмент выполняет проверки на минимальное расстояние компонентов друг относительно друга.

Для того, чтобы успешно проводить данный тип проверок, необходимо, чтобы проект содержал в себе компоненты. Компоненты можно получить автоматически при импорте данных из формата ODB++, либо воспользовавшись соответствующими инструментами CAM350.

			Part Spa	cing Co	onstraints		
Jse	First Part	Rotati	Seco	Rot	Constraint Type		Minimum
\checkmark		All		All	Outline to Outline		0.127
Sonstr First {All	Enable All raint Details Part Parts} All rotations Not rotate 90 Degree 180 Degree 270 Degree	d e e e	Disable	All ond Pa Parts} All rotati 90 De 180 D 270 D	It I	Add	Delete Constraint
Sonstr First (All Crite Con	Enable All raint Details Part Parts} All rotations 90 Degree 180 Degree 270 Degree rria	d e e	Disable	All ond Pa Parts} All rotati 90 De 180 D 270 D	It In the second	Add	Delete Constraint

Рис. 40 Диалоговое окно раздела Assembly.

После открытия диалогового окна раздела Assembly (рис.40) необходимо настроить проверку. Настройка заключается в:

- Выборе первого и второго компонентов, между которыми будет измеряться расстояние.
- Выборе критериев проверки. Сюда входят определение объектов, между которыми будет измеряться расстояние и ввод минимального числового значения.

Расстояние между компонентами может оцениваться по расстоянию между ихними контактными площадками, либо между контурами посадочных мест. Так же возможна смешанная ситуация, при которой измеряется расстояние от площадки до контура и наоборот. Контуры посадочных мест – это особые замкнутые области, неотрывно связанные с компонентами. Они определяются

на этапе создания компонента, либо получаются автоматически при импорте данных из формата ODB++.

Дополнительно можно определить различные углы поворота компонентов и для каждого угла поворота внести своё значение минимального расстояния между объектами.

После того, как все настройки заданы (см. пример на рис.41), проверка может быть записана в список, находящийся в верхней части диалогового окна. Каждая проверка из списка может быть включена, отредактирована или отключена по желанию пользователя. Пример результатов проверки показан на рис.42.

Part Spacing Constraints											
Use	First Part	Rotati	Seco	Rotation	Constraint Ty	/pe	Minimum				
\checkmark		All		All	Outline to Out	tline	0.127				
\checkmark	2908-05	90	NFA31	180	Outline to Out	tline	0.64				
\checkmark	R0603	All	C0603	All	Outline to Out	tline	0.50				
\checkmark	SOD323	All	C0603	All	Pad to Pad		0.50				
Ś	Enable Al		Disable	e All	Duplicate	8	Delete				
Sonst So	raint Details t Part D323 All rotations Not rotate 90 Degre 180 Degr 270 Degr	₹ ed ee ee	Sec Cod	ond Part 503 All rotations Not rotate 90 Degre 180 Degr 270 Degr	▼ s ed ee ree ree	Add Upda	Constraint				
Const So So Crite	raint Details t Part D323 All rotations Not rotate 90 Degre 180 Degr 270 Degr eria	ed ee ee	Sec Cod	ond Part 503 All rotations Not rotate 90 Degre 180 Degr 270 Degr	▼ ed ree ree	Add Upda	Constraint				
Const Firs SO V I C C C or	raint Details t Part D323 All rotations Not rotate 90 Degre 180 Degr 270 Degr eria	ed ee ee	Sec Cod	ond Part 503 All rotations Not rotate 90 Degre 180 Degr 270 Degr 270 Degr	▼ ed ee ree	Add Upda	Constraint				

Рис. 41 Диалоговое окно Assembly с несколькими настроенными проверками.

3	13 13 13 13 13 13 13 13	2 3 Error I	Ēxp	13 1 1 1 2 0 10 1	13 13 3 2 3 1 1	13 13 13 13	13				3 3 3 2
		🗟 Sele	ct 🦷	🖌 🥑 Vali	idate 👻 🎙	B Tree Dis	splay 🦷	- Q -		₽	l at ≡
	1;	0	ld	Distance	Device1	Device2	X1	Y1	X2	Y2	Min Dist
		ıtlin	33	0.05	PATTERN	FBGA16	55.02	7.08	55.02	7.13	0.13
	2	Ő	34	0.11	5607-420	5607_51	6.66	84.19	6.78	84.19	0.13
		ne to	35	0.30	R0603	C0603	8.25	35.35	8.25	35.65	0.50
3		System	D	Codes Ne	ets Externa	al Parts	Drill a	nd La	ayers F	adstacks	Rule Are

Рис. 42 Результаты проверки расстояний между компонентами.

C1
Silk Screen

12. Инструмент Screen предназначен для проверки слоев маркировки.

Данный инструмент проводит проверки на ошибки, допущенные при разработке слоя маркировки (рис.43).

Silk Screen	×
Constraints	
Senable All Senable All	
Set all minimum values tc 0.127 mm 🗸 Apply	
Silkscreen Spacing	
✓ Silkscreen to soldermask	
Minimum: 0.127 mm	
Silkscreen to board outline	
Minimum: 0.127 mm	
Other	
Minimum silkscreen width	
Minimum: 0.127 mm	

Рис. 43 Диалоговое окно инструмента Silk Screen.

Silkscreen spacing – Инструмент для измерения расстояний между маркировкой компонентов, вскрытиями от маски и контуром платы (см.рис.44).

Other – Проверка, выявляющая сегменты маркировки с очень малой толщиной, которая либо не может быть нанесена на печатную плату, либо не может быть проработана в силу несовершенства технологии.

Error Explorer															
🔓 🔓 Sele	🛛 🔓 Select 👻 🥑 Vali				ate 👻 💾 Tree Display 👻 🌵 Marker Disp				play	•		6	\Leftrightarrow	al	
ý	ld	Distance	Silk Layer	Silk Layer X		Y		Line \	Ni	S/M	Pa	Ma	x Cl	Va	lida
nasl	339	0.07	L3:sst	Bisst 50		64.85		0.15		0.35		0.13	3	[
dern	340	0.07	L3:sst		50.80	65.75		0.15		0.35		0.13	3		
Sol	341	0.07	L3:sst		50.85	70.85		0.15		0.95		0.13	3	[
2 2	342	0.07	L3:sst		50.85	73.35		0.15		0.95		0.13			
cree.	343	0.07	L3:sst		50.94	57.45		0.15		0.40		0.13	3		
	344	0.07	L3:sst		51.27	33.66		0.15		0.95		0.13	3	[
System N	Л С	OCodes N	lets Exter	nal I	N Parts	Drill	and	La	yers	Pa	dstac	:ks	Rule /	Areas	Erro
		59													

Рис. 44 Результат работы инструмента проверки Silk Screen.



13. Инструмент Mask - проверка вскрытий паяльной маски (рис.45).

Pasta Mask	~									
	^									
Constraints										
Second Se										
Set all minimum values to 0.0762 mm 🗸 Apply										
Paste Mask Spacing										
✓ Paste mask to copper										
Minimum: 0.0762 mm										
✓ Paste mask to paste mask										
Minimum: 0.0762 mm										
Missing Paste Mask										
✓ Missing paste mask for SMD pads										
✓ Missing soldermask for paste mask pads										
Paste Mask Ratios										
Stencil Thickness: 7.0 mm										
Paste mask to pad aspect ratio										
Minimum ratio: 1.50										
Paste mask to pad area ratio										
Minimum ratio: 0.66										
Othor										
Paste mask over drills										
Minimum quantity 3										
✓ Minimum paste mask width										
Minimum: 0.0762 mm										
Tolerance (%): 50.0										
Search for Straits										
Search for Gulfs										
III Run Now 👻 📙 Save to Stream More >>										

Рис. 45 Диалоговое окно инструмента Paste Mask.

Paste Mask Spacing – Подраздел отвечает за измерение расстояний между вскрытиями паяльной пасты и их расстоянием до проводящего рисунка.

- Paste mask to copper minimum Измеряет расстояние между краями контактной площадки и вскрытием для паяльной пасты, которое находится на этой контактной площадке.
- Paste mask to paste mask minimum Измеряет расстояние между соседними вскрытиями для паяльной пасты. Если расстояние будет слишком маленьким, трафарет порвется.

Missing pastemask – Подраздел предназначен для проверки наличия вскрытий паяльной пасты и паяльной маски над SMD контактными площадками.

Paste mask Ratios – Проверяет геометрические размеры вскрытий для паяльной пасты и соотношение их с размерами контактных площадок.

- Stencill thickness — Данный параметр задает толщину трафарета. Толщина нужна для вычисления параметров, представленных ниже.

 Paste mask to pad aspect ratio – Рассчитывается данное значение для каждого вскрытия паяльной пасты. В расчете участвует толщина трафарета. Полученное значение сравнивается с введенным пользователем. Значение по умолчанию равное 1.5 подходит для большинства ситуаций.

- Pastemask to pad area ratio — Значение подсчитывается для каждой контактной площадки, над которой есть вскрытие для паяльной пасты. Затем сравнивается с установленным человеком.

Other – Проверки ошибок, допущенных при формировании файла трафарета для паяльной пасты, которые не были описаны ранее.

- Paste mask over drills – Если вскрытие для паяльной пасты расположено над отверстием, то будет сформирована ошибка.

 Presence of global fiducials – В проекте проверяется наличие отдельно расположенных контактных площадок относительно большого размера. Подсчитывается их количество. Если количество площадок не превышает цифры, введенной человеком, данные площадки считаются реперными знаками. Для них проверка наличия паяльной пасты не проводится.

 Minimum quantity – Минимальное количество реперных знаков, присутствующее в проекте.
 Если реперных знаков в проекте не будет найдено, либо будет найдено менее указанного числа, то будет сформирована ошибка.

- Minimum paste mask width – Минимальная ширина вскрытия для нанесения маски в трафарете. Обычно, минимальная ширина не должна быть менее 0.2 мм.

- Tolerance – Логика работы настройки уже описывалась ранее.

- Search for straits – поиск узких мест на границах полигонов. Обнаружение зазоров между ребрами и / или вершинами любых двух полигонов или одного и того же полигона.

- Search for gulfs – поиск узких мест внутри полигонов. Обнаружение зазоров между ребрами и / или вершинами, созданными пустотами и / или другими вложенными полигонами.



14. Инструмент and Mill проверяет проект на наличие ошибок, допущенных при создании слоев сверловки и фрезеровки (рис.46).

Drill and Mill	×
Checks	_
🕙 Enable All 📵 Disable All	
Drill Constraints	
✓ Overlapping drills	
Coincident drills	
Redundant drills	
✓ Minimum spacing drill to drill	
Minimum: 0.0 mm	
Mill Constraints	ור
\checkmark Presence of imploded mill arcs	
✓ Presence of imploded mill paths	
✓ Presence of mill tab errors	
PCB Thickness Ratio	_
✓ Drill to PCB thickness aspect ratio	
PCB Thickness: 0.0 mm	
larget ratio: 0.0	
Image: Save to Stream Image: Save to Stream	>

Рис. 46 Диалоговое окно инструмента Drill and Mill.

Drill constraints – Проверка на различные ошибки в информации для сверловки.

- Overlapping drills – Частично совпадающие друг с другом отверстия.

- Coincident drills – Отверстия, совпадающие по диаметру и координатам, но выполненные различными инструментами.

- Redunant drills – Полностью совпадающие друг с другом отверстия.

Mill constraints - Проверка на различные ошибки в информации для фрезеровки.

Presence of Imploded Mill Arcs - Радиус фрезеровки настолько малого размера, что не может быть выполнен выбранным инструментом для создания фрезеровки.

Presence of Imploded Mill Paths – Перекрывающиеся участки фрезеровки, которые сужаются до размеров не выполнимых текущим фрезеровочным инструментом, либо просто пересекающая сама себя фрезеровка. Речь идет о широком участке, который необходимо удалить фрезеровкой. Участок постепенно сужается до такого размера, что фреза не может зайти в необходимый контур.

Presence of Mill Tab Errors – Участки фрезеровки, которые при введении компенсации сдвигаются настолько, что начинают пересекаться друг с другом. Самый простой пример описываемой ситуации – это фрезеровка окружности фрезой большого диаметра. При введении компенсации фреза начинает идти по меньшему радиусу, чем шла до этого, соответственно концы дуг приближаются друг к другу и может создаться ситуация, когда концы пересекутся. PCB Thickness Ratio – Отношение диаметра отверстия к толщине платы. Обычно, не должно превышать 10. Чем совершеннее технология производства плат, тем это отношение может быть больше. Однако отношение редко превышает значения 14.

- PCB thickness Задаваемая толщина платы.
- Target Ratio Задаваемое отношение, которое не должно превышаться.



J - это инструмент запуска проверок в пакетном режиме.

Все описанные проверки могут запускаться как индивидуально, так и в пакетном режиме. Если проверки запускаются в пакетном режиме, их так же можно включать и отключать или настраивать. Настройки проверок, подходящие под определенного производителя ПП, либо под определенную технологию, можно сохранять и использовать в последующих проектах (рис.47).

Active Streams	Checks	in Stream <stream 0=""></stream>		Constraint	ts for Check <internal s<="" th=""><th>ignal Layers></th><th></th></internal>	ignal Layers>	
+ * ⊡ ← →	🕂 Ac	dd 🔻 😫 Delete 🗈	Duplicate 🕇 🕇	📃 Sel	ect All 😫 Clear Se	ections	
Name	Run	Name	Туре	Property	/	Value	
Stream 0		Cleanup	Cleanse Data	Laye	ers Filter	[Inner Pos Electric	
		Internal Signal Lavers	Signal Laver	NC L	ayers Filter	[All NC]	
		Outer Signal Lavers	Signal Laver	Dco	des Filter		
		Negotivo Blonce	Nogotivo Plono	NC Tool Filter			
				Area	a Filter	Entire Region	
		Solder Mask Layers	Solder Mask	(Copper Spacing		
	\checkmark	Silkscreen Layers	Silkscreen		Copper to Pad	0.08	
	\checkmark	Drill and Mill	Drill and Mill	_	Copper to Track	0.08	- 1
	\checkmark	Paste Mask Layers	Paste Mask		Copper to Copper	0.15	-
				·	/ Track to Pad	0.08	
				·	/ Irack to Irack	0.08	
					Pad to Pad	0.08	
					Connecte Reard		
				·	Copper to Board	0.25	
					Copper to Mill Fath	0.25	
						0.23	
					SMD Pad to Lase	0.08	
					SMD Pad to Via P	0.08	
					SMD Pad to Thro	0.08	
					SMD Pad to SMD.	0.08	
					Through Pad to L	0.08	
					/ Through Pad to Vi	0.08	
					Through Pad to T	0.08	
					Via Pad to Via Pad	0.08	

Рис. 47 Диалоговое окно запуска проверок в пакетном режиме.

Диалоговое окно выполнения проверок в пакетном режиме поделено на три части.

В левой части находится список сохраненных наборов параметров, так называемый Stream. Выбрав ту или иную строчку в данной области окна, пользователь загружает сразу все настройки под конкретное производство ПП, либо под конкретную ситуацию проверки. В средней части диалогового окна расположены разделы проверок, объединенные по виду и назначению. Все эти разделы были описаны выше. Ставя или убирая галочки напротив строчек в средней части, пользователь может включить или отключить сразу целую ветку проверок (рис.48).

В правой части диалогового окна расположены подразделы из выбранного в центре раздела. Т.е., в зависимости от того, какой раздел выбран в средней части, изменяется вид в левой части.

			L	ayer S	elector						
				4	Select	- Show	v: {Signal}				Ŧ
Constraints	for Chook Internal Si		_		Use	Layer N	ame		Layer Typ	e	^
Constraints				-	\checkmark	top			Тор		-
📃 Selec	t All 🛛 🗱 Clear Sel	lections		1		I2-gnd			Positive P	lane	
Property		Value				I3-int1			Internal		
Lavers	s Filter	Inner Pos Electric				l4-pwr			Positive P	lane	
NC La	vers Filter		-	aver S	elector						
Dcode	es Filter			ayers	elector						
NC To	ol Filter				Select	- Shov	v: {Signal}				-
Area F	ilter	Entire Region									
🔺 🗸 Co	pper Spacing										
~	Copper to Pad	0.08			Use	Layer N	lame		Layer T	уре	
	Copper to Track	0.08				outline			NC Prim	hary	
~	Copper to Copper	0.15			drill			NC Primary			
\checkmark	Track to Pad	0.08			\checkmark	Layer_29			NC Primary		
~	Track to Track	0.08				[All NC]					
	Pad to Pad	0.08				[- 1
🔺 🗸 Bo	ard Outline Spacing			ilter b	y NC Tool						
~	Copper to Board										
	Copper to Mill Path	0.25			Select	-					
V	Copper to Mill Tab	0.25									
🔺 🗸 Pa	d Spacing			Tip: U	Inselect an	item to exc	lude it from th	e check			
	SMD Pad to Lase	0.08		1	lao	Def	Number	Tabla		Tool Size	
	SMD Pad to Via P	0.08			Jse	Rei	Number	Table		10013120	;
	SMD Pad to Thro	0.08			~	1	1	7: MillTable_3		0.00	
	SMD Pad to SMD	0.08				2	2	7: MillTable_3		0.20	
	Through Pad to L	0.08		[\checkmark	3	3	7: MillTable_3		0.30	
	Through Pad to Vi	0.08				4	4	7: MillTable_3		0.75	
✓	I nrough Pad to I	0.08									
\checkmark	via Pad to via Pad	0.08									

Рис. 48 Параметры таблицы, которые сужают область проведения проверки.

Все проводимые проверки представлены в форме таблицы. В верхней ее части находятся строки, которые сужают область проведения проверок, ограничивая их определенными критериями. Например: слоем, на котором проводится проверка, областью на слое, либо апертурой, не попадающей в проводимую проверку.

Проведение проверок может занять некоторое время. После окончания проверок пользователю будет выведено диалоговое окно, представленное на рис. 49.

Stream Finished			×
	Errors found. Chang	e to Results?	
1 min 25 sec elapsed		OK	Cancel

Рис. 49 Диалоговое окно, возникающее после завершения проверок.

Все найденные в ходе проверок ошибки формируют так называемое "дерево ошибок" DRC Tree. С деревом ошибок можно работать в инструменте Error Explorer. Пример Error Explorer представлен на рис. 50.

Error	Error Explorer											
k Sele	ct 👻 🤇	📎 Validate 👻 🗜	g Tree Display 👻	🎙 Marker Display 👻	🔲 Zoom to Selectio	on 🔒 Lock Layer	rs 😝 Cross Prob	e to PCB	or Chart 🗧 More	-		
∡ Exec	Execution 20 /15:26:03, 22.01.2020/ - 41627 Errors, 0 Hidden											
	🕢 Cleanup - 14 Errors, 0 Hidden											
⊳	NE - Extract CAM Netlist - 14 Errors, 0 Hidden											
	ernal Sig	gnal Layers - 2380	66 Errors, 0 Hidden									
⊳	CC - Co	pper to Copper -	1 Errors, 0 Hidden									
⊳	TP - Tra	ack to Pad - 3012	Errors, 0 Hidden									
⊳	CB - Co	pper to Board Ou	tline - 6 Errors, 0 Hid	lden								
	UDTHC	- Copper to Unpl	ated Drill - 3 Errors,	0 Hidden								
	ld	Distance	Layer	Layer	X1	Y1	X2	Y2	Drill Size	Min Dist		
	3033	0.25	L25:drill	L7:I2-gnd	66.49	5.55	66.72	5.44	2.00	0.25		
	3034	0.25	L25:drill	L11:l4-pwr	66.49	5.55	66.72	5.44	2.00	0.25		
	3035	0.25	L25:drill	L17:17-gnd	66.49	5.55	66.72	5.44	2.00	0.25		
A	VDC - C	opper to Via Dril	I - 3 Errors, 0 Hidden									
	ld	Distance	Layer	Layer	X1	Y1	X2	Y2	Drill Size	Min Dist		
	3036	0.20	L25:drill	L11:I4-pwr	32.70	81.50	32.90	81.50	0.20	0.20		
System N	/lessages	DCodes Nets	External Nets Parts	Drill and Mill Tools L	ayers Padstacks F	Rule Areas Error Ex	plorer					
					X: 107.30 Y	: 8.90 🗸 🌡	🖕 🏊 🖂 Autopan	0.1	0:0.10 🔻 U	Init: mm		

Рис. 50 Пример окна Error Explorer.

Полная таблица проверок доступна по ссылке:

https://www.pcbsoft.ru/cam350-dfmstream

Заключение

Редактор САМ350 в конфигурации DFMStream-520 представляет собой мощный и удобный инструмент для технологической подготовки, анализа и поиска ошибок, с возможностью исправления найденных проблем прямо в редакторе, или информирования разработчиков для внесения соответствующих корректировок в исходный проект САПР. Можно рекомендовать предприятиям, разрабатывающим печатные платы, использовать совместно конфигурации САМ350-070, САМ350-090, САМ350-160 и DFMStream-520 в сетевом варианте, что позволяет в нужный момент времени воспользоваться требуемым функционалом программы САМ350 на каждом рабочем месте. Использование пакетного режима проверок, с сохранением набора заданных констант и ограничений под каждый тип производства, или под определенные задачи и виды продукции, может существенно упростить работу инженеров-технологов при запуске проектов печатных плат в изготовление и монтаж.