

Н. Ф. Воллернер, д-р техн. наук, Н. П. Кряталов, П. Н. Ситко, студенты

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИННОЙ И РУЧНОЙ ТРАССИРОВОК МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Эффективность производства многослойных печатных плат (МПП) нами оценивалась по результатам ручной и машинной трассировки (разводки) семи МПП при помощи системы автоматизированного проектирования (САПР) унифицированных МПП, изготавливаемых по методу открытых контактных площадок, для монтажа регулярно расположенных интегральных схем (ИС) в плоских 14-контактных корпусах типа 401-14-1(2).

При сравнении экономических показателей не учитывались известные преимущества машинной трассировки по срокам проектирования, были учтены только затраты на подготовку производства и изготовление МПП. Качество трассировки оценивалось средней длиной одной цепи и числом слоев МПП.

Для каждой МПП ручной и машинной трассировки по измеренным длинам цепей были построены гистограммы. Анализ их показал, что распределение длин цепей отлично от гауссовского, наиболее вероятны короткие цепи. Средняя длина цепи зависит от сложности схемы — числа ИС A , числа цепей B и числа парных соединений V . Опробование ряда критериев сравнения результатов машинной и ручной трассировок показало, что наиболее наглядным критерием сравнения является отношение средней длины цепи машинной трассировки $l_{ср.м}$ к средней длине цепи ручной $l_{ср.р}$. Критерий $K_l = l_{ср.м}/l_{ср.р}$ — монотонно возрастающая функция A и монотонно убывающая функция B и V . Коэффициент $K_f = 1$ при $A = 23$; $B/A \approx 3,6$ и $V/A \approx 6$. При $A > 23$, $B/A < 3,6$ и

$V/A < 6$ качество трассировки хуже ручной. Среднее число слоев МПП при машинной трассировке равно 5, а при ручной 3.

Общая стоимость одной МПП при ручной $C_{ср}$ и машинной $C_{с\text{м}}$ трассировках и принятых выше ограничениях

$$C_{ср} \approx C_{тр}/n + C_{из}; \quad C_{с\text{м}} = C_{тм}/n + C_{из}, \quad (1)$$

где $C_{тр}$, $C_{тм}$ — стоимости трассировок; $C_{из}$, $C_{им}$ — стоимости изготовления МПП соответственно при ручной и машинной трассировках; n — общее число изготавливаемых плат.

Расчет стоимостей трассировок четырехслойных МПП $C_{тр}$ и $C_{тм}$ с учетом начислений показал, что их отношение $K_f = C_{тм}/C_{тр} \approx 0,25$. Отношение стоимостей изготовления МПП $C_{им}/C_{ир} > 1$, поскольку среднее число слоев при ручной трассировке меньше, чем при машинной, и, в нашем случае, по расчетам с учетом начислений составляет $K_n = C_{им}/C_{ир} \approx 1,06$. Отношение стоимостей ручной трассировки и изготовления МПП в нашем случае составляет $K_{итр} = C_{тр}/C_{ир} \approx 5$.

Сопоставление $C_{\Sigma p}$ и $C_{\Sigma m}$ (1) показывает, что при числе МПП $n > n_0$ суммарная стоимость МПП при машинной трассировке больше чем при ручной, где $n_0 = (C_{\text{тр}} - C_{\text{тм}})/(C_{\text{им}} - C_{\text{ир}}) = K_{\text{итр}} (1 - K_{\text{т}})/(K_{\text{и}} - 1) \approx 60$.

Числовые значения характеристик сравнения машинной и ручной трассировок $K_{\text{и}}$, n_0 и количества слоев нужно уточнять, поскольку приведенные выше получены для одной программы машинной трассировки и малой выборки (7 МПП).

Поступила в редколлегию 19.09.79

N. F. Vollner, N. P. Krjatalov, P. N. Sitko

THE EFFICIENCY COMPARING OF THE MECHANICAL AND HAND TRACING OF THE MULTYSHEETS PRINTED PLATES

There is compared on the base of the statistic analysis the hand and mechanical tracing results of the multisheets printed plates. There is shown the economical expedience of the hand tracing over the mechanical one when the producible plates number is grater then the certain (60 in this case). The project price with the mechanical tracing is less but the production price is more because of the grater sheet number.