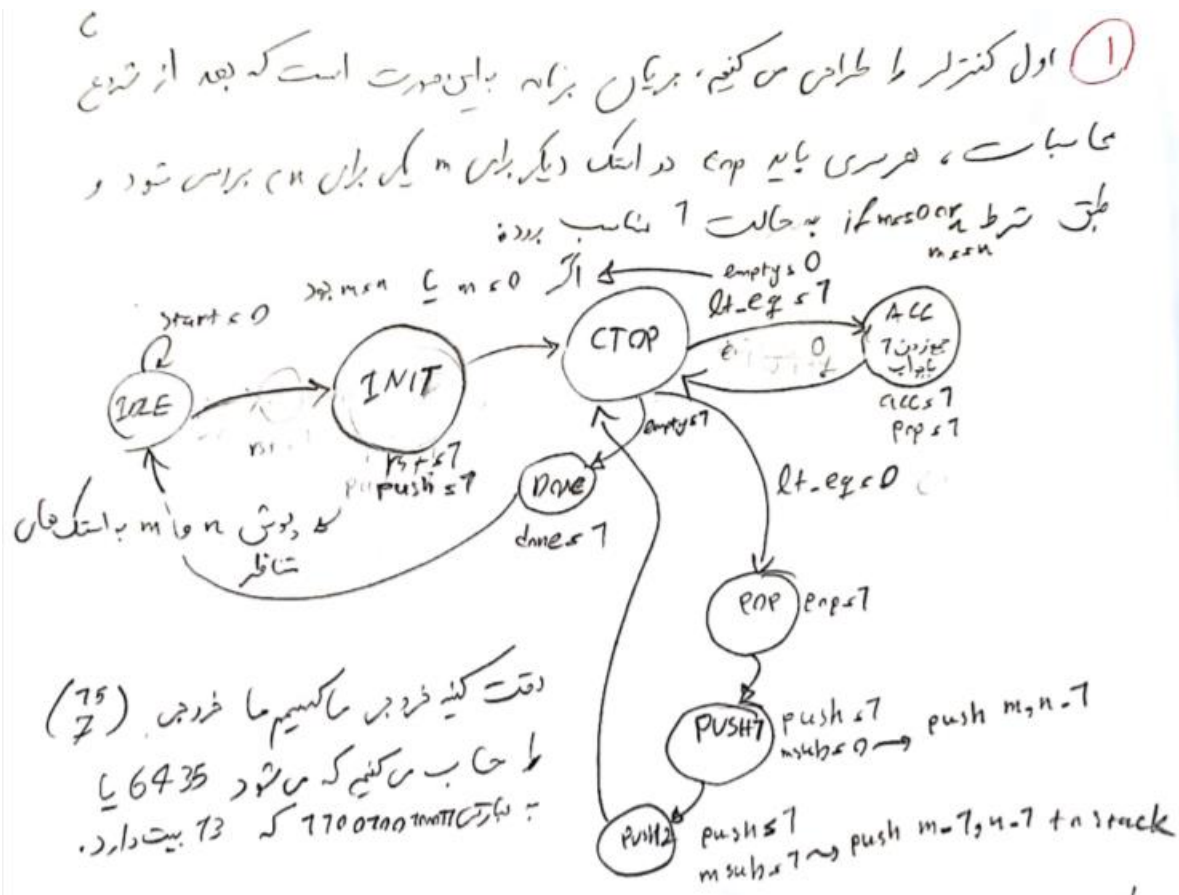


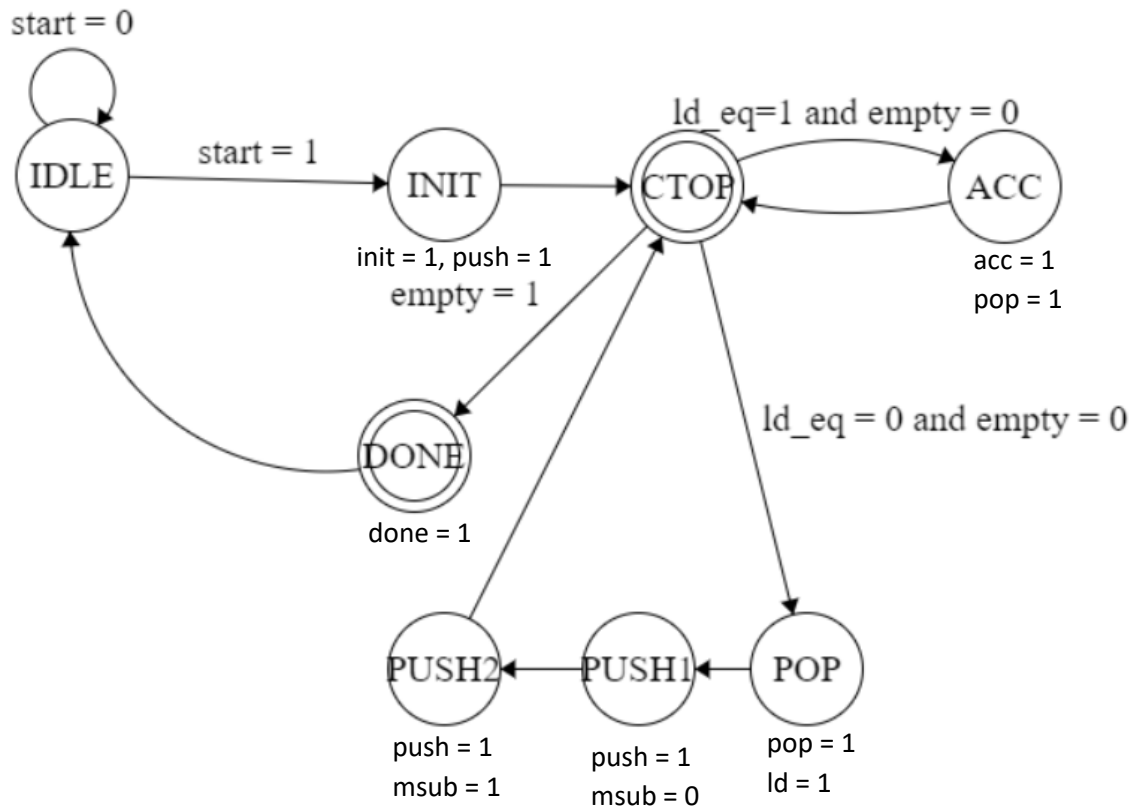
Controller:



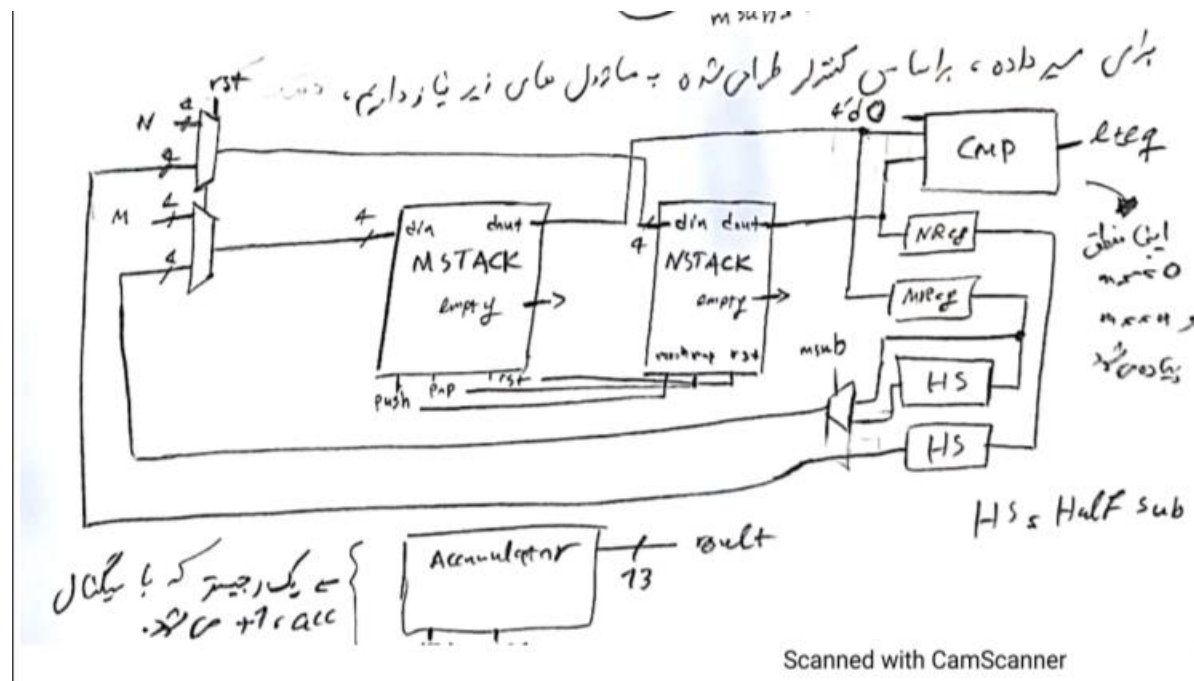
تغییرات اعمال شده به کنترلر بعد از دیباگ کردن:

1. نام سیگنال  $rst$  به  $init$  تغییر کرد. برای خوانایی بیشتر.
2. سیگنال  $ld$  به برخی استیت ها اضافه شد. وجود این سیگنال برای این هست که در  $push$  دوم، رجیستر اشتباهی خروجی  $x$  را در خود و در نهایت در ورودی  $MHS$  لود نکند.

New Controller:



Data path:



## Implementation:

برخی از ماجول ها بصورت رفتاری پیاده سازی شده اند و برخی خیر (کد ماجول ها ضمیمه شده).

ماجول استک که دوبار استفاده شده (یکی برای  $m$  و دیگری برای  $n$ ) در هر کلاک میتوان ریست شود و پوش یا پاپ کند، خروجی ماجول هم به کلاک وابسته نیست.

مسیر داده از یکسری multiplexer، رجیستر، دوتا استک و تعدادی عملگر تشکیل شده. در رجیسترها مقدار پاپ شده استک ها نگه داشته میشود. از یک subtractor برای بدست آوردن  $n-1$  و  $m-1$  استفاده شده.

یک accumulator داریم که داخلش یک رجیستر هست و با دریافت سیگنال acc مقدار نهایی را یکی زیاد می کند.

در کنترلر 8 استیت داریم. کنترلر با دیدن سیگنال start شروع به کار میکند، اول مقادیر اولیه را لود میکند (با فرستادن سیگنال - های نوشته شده به مسیّر داده) و بعد شروع به بررسی اندازه و مقادیر top دو استک میکند.

در صورتیکه استک خالی باشد یعنی کار تمام شده.

اگر هم  $m=0$  یا  $m=n$  باشد طبق شرایط گفته شده در صورت، یک واحد به جواب اضافه می شود.

در غیر این دو حالت، دو مقدار  $m$  و  $m-1$  در استک  $m$  پوش شده و دوبار هم  $n-1$  در استک  $n$  پوش می شود. اینها همان فرمولی هستند که در صورت سوال به ما داده شده:

```
comb (m, n){
    if m==0 or m==n
        return 1
    else
        return comb(m, n-1) + comb(m-1, n-1)
}
```

## Test cases:

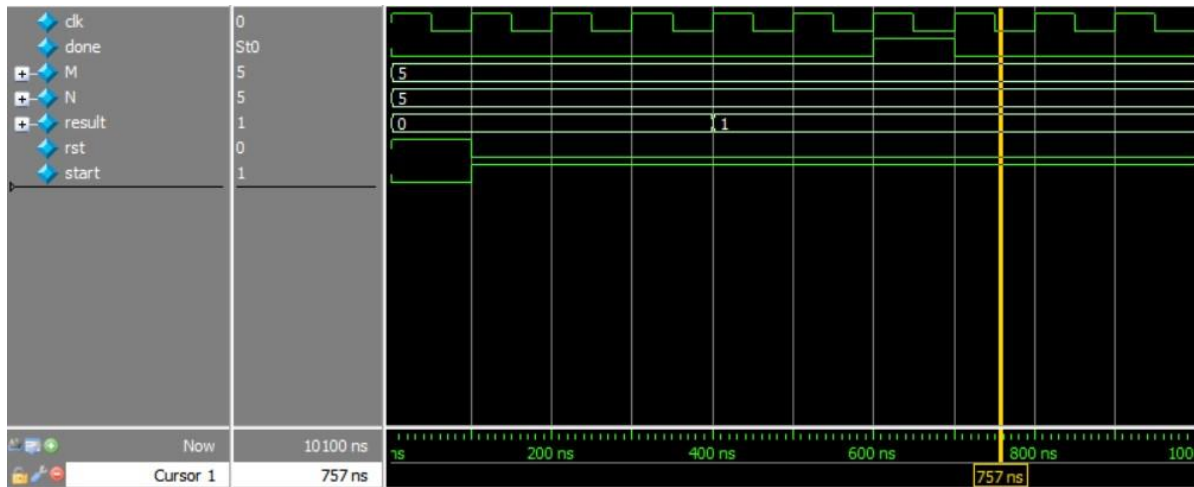
در تست بنچ، مقادیر زیادی را تست کردیم که به ترتیب در ادامه به همراه تصویر خروجی نوشته شده اند.

محدودیت زمان تست بنچ 3000000ns بوده.

نکته قابل توجه پایین بودن سرعت این پیاده سازی هست، علت این امر محاسبات تکراری زیادی هست که هرسری انجام می شود. میتوانستیم با کمک فرمول اصلی بسط دو جمله ای و اضافه کردن برخی پیچیدگی ها زمان را بهبود دهیم.

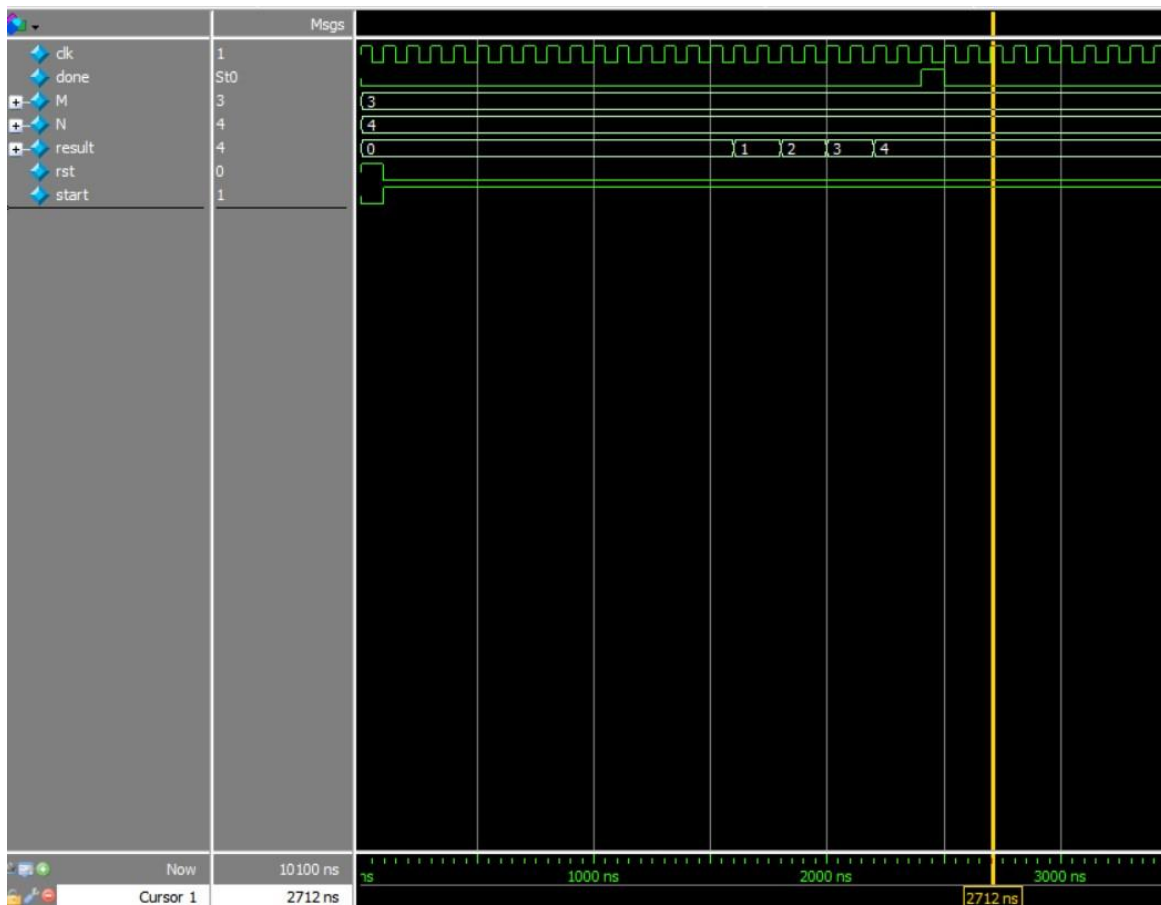
$N = M = 5$ :

$$\binom{5}{5} = 1$$



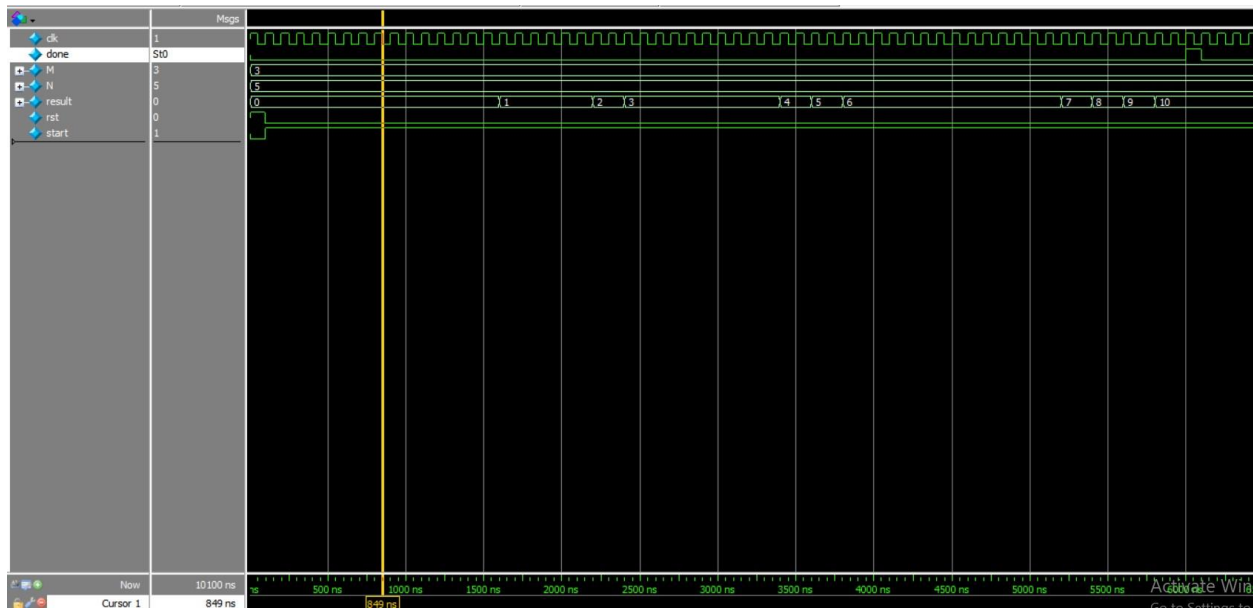
$N = 4, M = 3$ :

$$\binom{4}{3} = 4$$



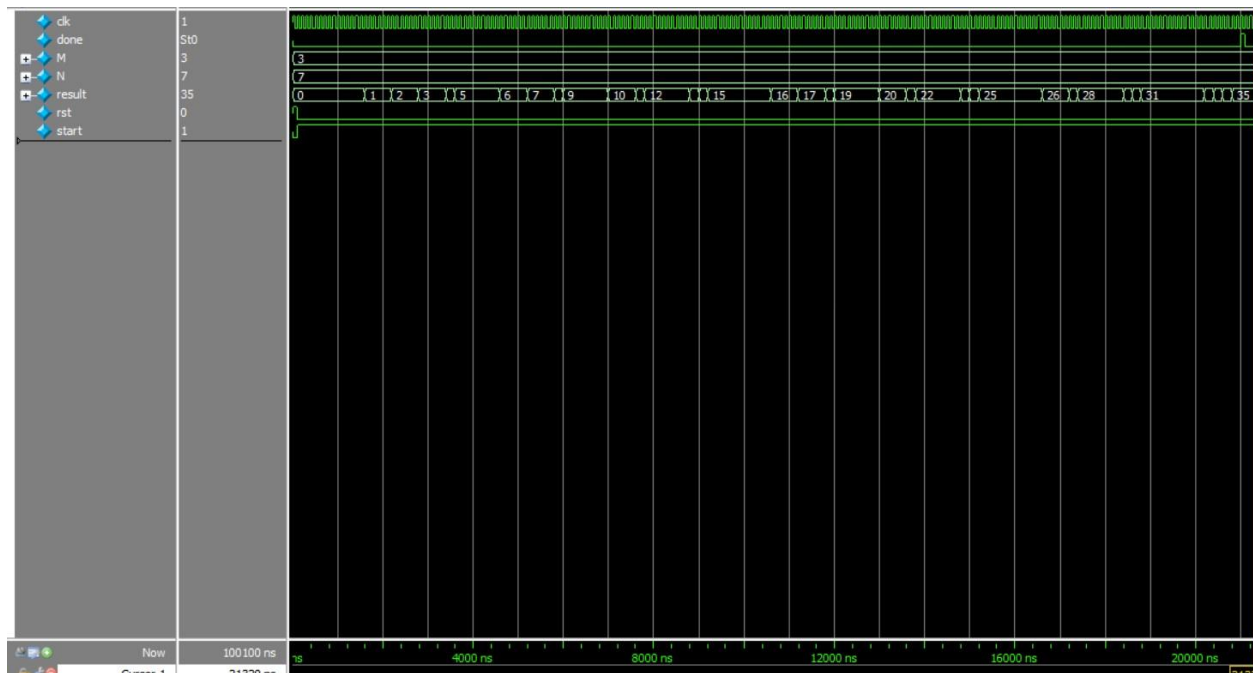
N = 5, M = 3:

$$\binom{5}{3} = 10$$



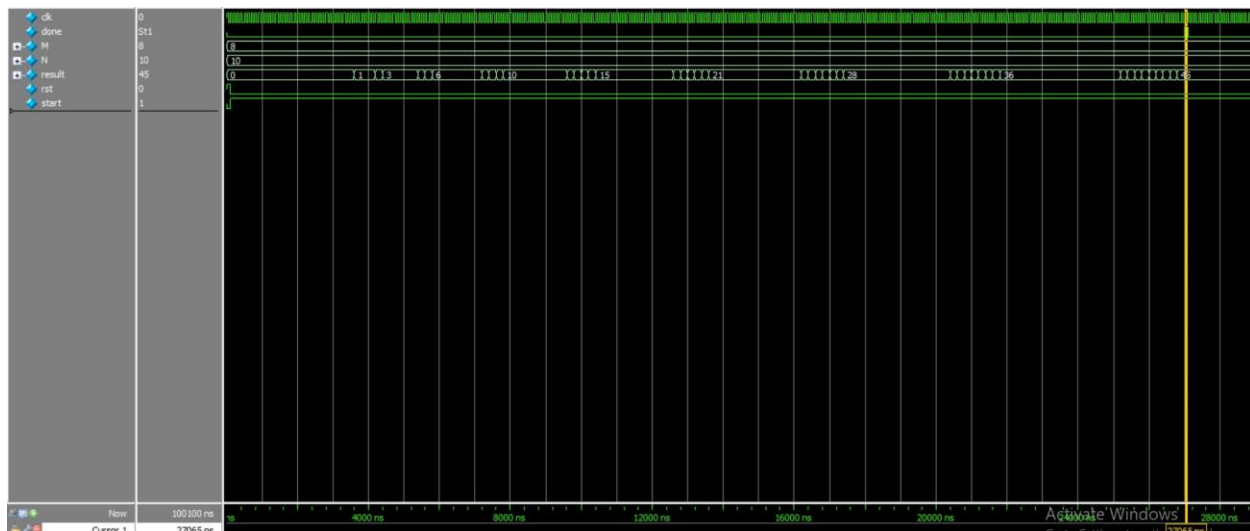
N = 7, M = 3:

$$\binom{7}{3} = \frac{7 \times 6 \times 5}{3 \times 2} = 35$$



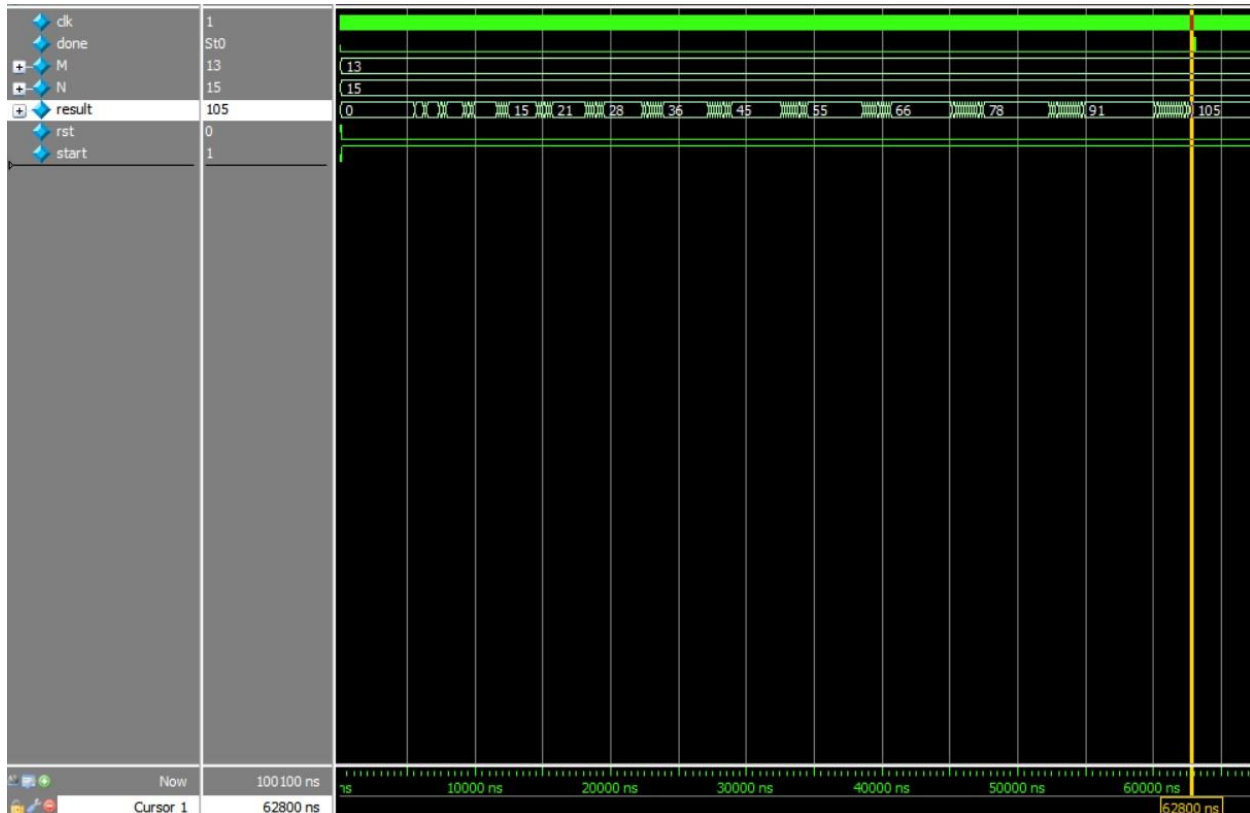
N = 10, M = 8:

$$\binom{10}{8} = \frac{10 \times 9}{2} = 45$$



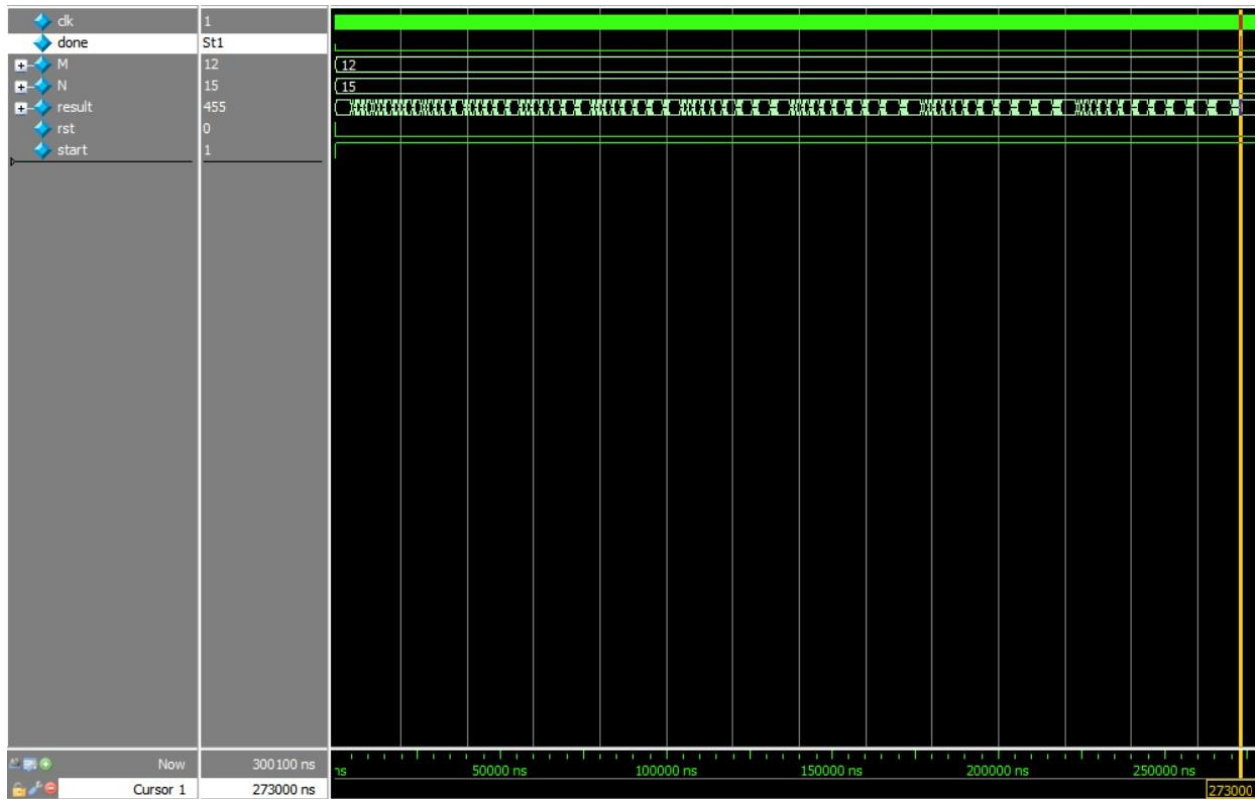
N = 15, M = 13:

$$\binom{15}{13} = \frac{15 \times 14}{2} = 105$$



N = 15, M = 12:

$$\binom{15}{12} = \frac{15 \times 14 \times 13}{3 \times 2} = 455$$



با تشکر و آرزوی خوشحالی