



دانشکده مهندسی کامپیوتر

# پروژه اول و دوم درس اصول طراحی کامپیوتری سیستم های دیجیتال

عنوان پروژه:

طراحی کانالور غیر پایپ لاین و پایپ لاین

تاریخ تحویل: ۱۰ دی ۹۹

نیمسال اول سال تحصیلی ۹۹-۰۰

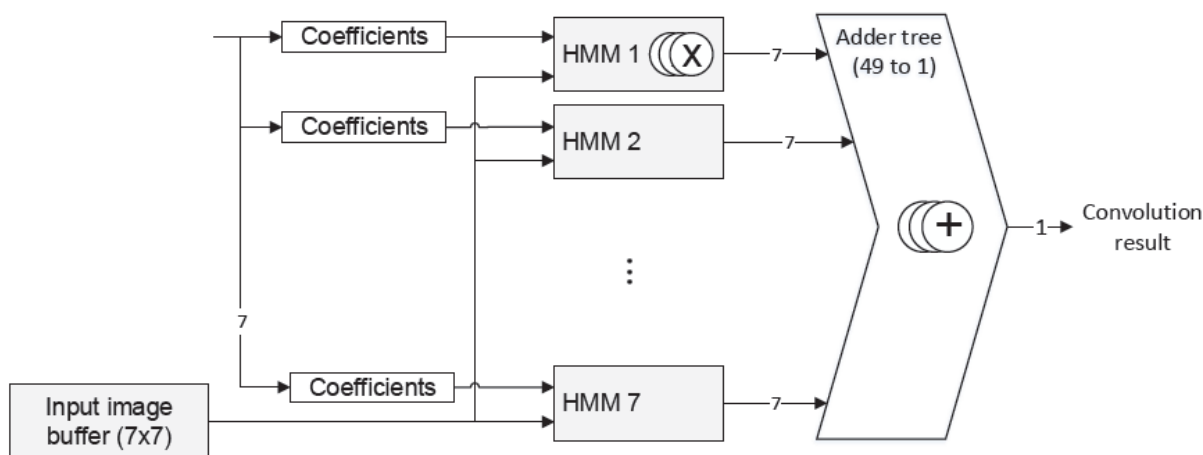
## مقدمه

عمل کانولوشن یکی از عملگرهای کاربردی در محاسبات ریاضی می باشد. یکی از کاربرد های مهم این عملگر در پردازش تصویر است. وقتی قرار است پیکسل های یک تصویر ورودی در یک فیلتر (هسته) کانوالو شود تا مشخصات خاصی از آن تصویر استخراج شود از عملگر کانولوشن استفاده خواهد شد. به واحدی که این عملیات را انجام می دهد کانوالور گفته می شود. در سال های اخیر کانوالورهای مختلفی ارائه شده اند که مهم ترین آن ها در دو نوع غیر پایپ لاین و پایپ لاین وجود دارند.

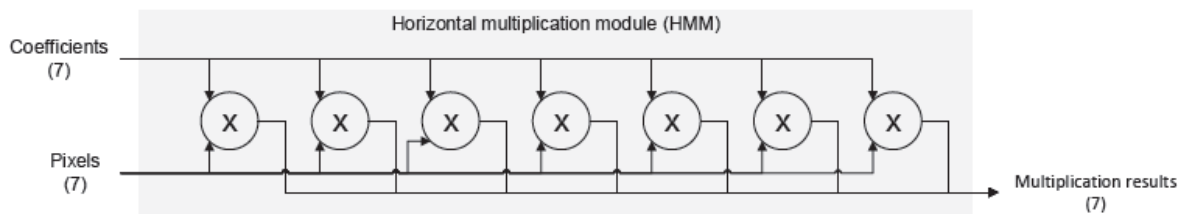
## پروژه اول:

**کانوالور غیر پایپ لاین:** شکل ۱ نحوه محاسبه خروجی کانولوشن به صورت غیر پایپ لاین را نمایش می دهد. کانوالور غیر پایپ لاین از واحد های ضرب افقی و واحد درخت جمع تشکیل شده است.

**واحد ضرب:** یک بخش مهم از عملیات کانولوشن ، ضرب دوبه دو درایه های یک پنجره  $7 \times 7$  از تصویر ورودی در هسته  $7 \times 7$  فیلتر است. به بیان دیگر هر درایه از پنجره تصویر ورودی در درایه متناظر هسته کانولوشن ضرب می شود. در پیاده سازی پیشنهاد شده، عملیات ضرب در واحدهای ضرب افقی انجام می شود که در شکل ۲ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل دیده می شود، در هر واحد ضرب افقی هفت ضرب کننده قرار دارند که به صورت موازی ۷ پیکسل ورودی را در پیکسل های متناظر هسته ضرب می کنند.

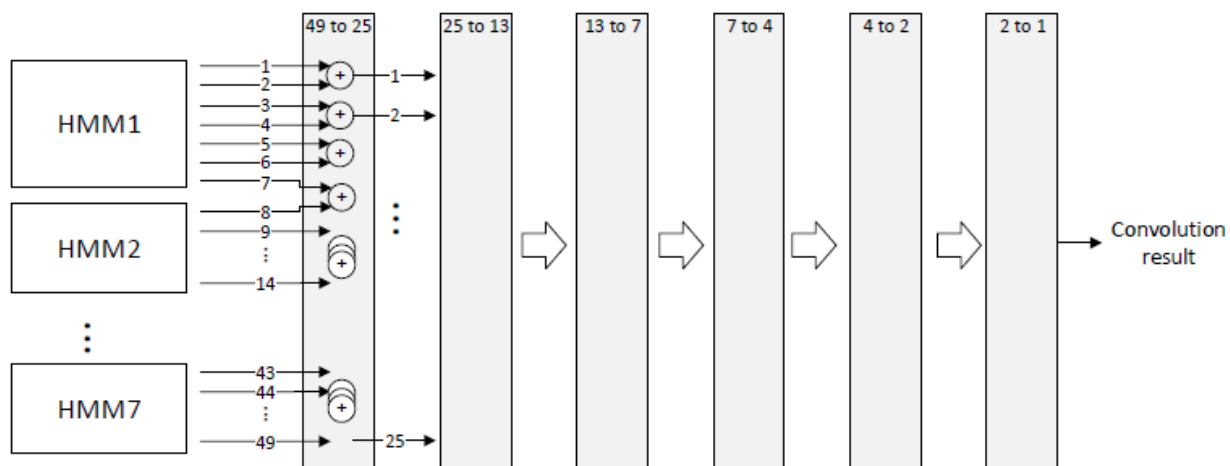


شکل ۱. کانوالور غیر پایپ لاین



شکل ۲. واحد ضرب افقی

**واحد جمع:** پس از انجام ضرب ها، باید نتایج ضرب کننده ها باهم تجمیع شود، بنابراین یک درخت جمع موردنیاز است. به بیان دیگر، برای جمع کردن نتیجه ۴۹ ضرب انجام شده، یک جمع کننده چند عملوندی لازم است. در یک روش سراسرست، عملوندها دوبه دو با استفاده از جمع کننده های ۲ به ۱ مرحله به مرحله جمع می شوند. پیاده سازی به این روش برای یک هسته ۷×۷ در شکل ۳ نشان داده شده است.

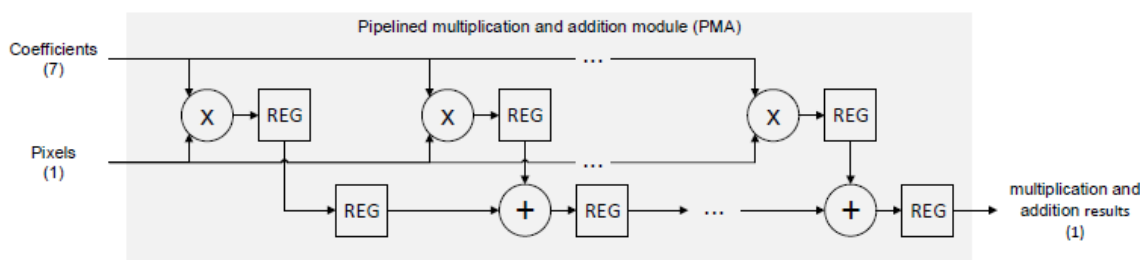


شکل ۳. پیاده سازی درخت جمع ۴۹ به ۱ با استفاده از جمع کننده های ۲ به ۱

## پروژه دوم:

**کانوالور پایپ لاین:** با اضافه شدن بخش هایی به کانوالور غیر پایپ لاین و اعمال تغییراتی در ساختار آن، پهنای باند و مسیر بحرانی این کانوالور می تواند کاهش یابد. در معماری جدید در شکل ۵ واحد ضرب افقی این کانوالور که در طرح جدید واحد جمع-ضرب خط لوله ای نامیده می شود، نشان داده شده است.

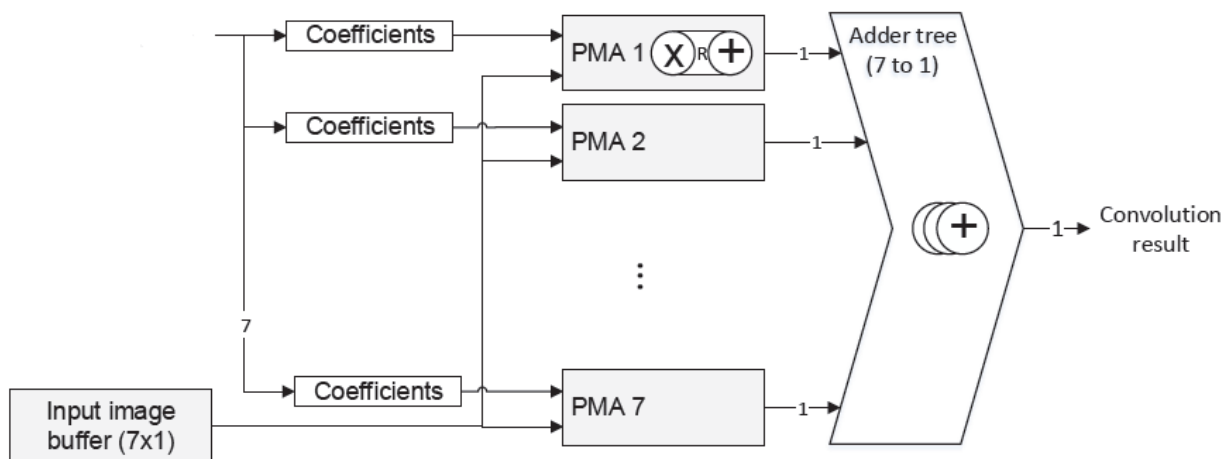
در طرح جدید بخش هایی از واحد جمع و بافر با واحد ضرب ادغام شده اند. همانند واحد ضرب افقی، ضرایب هسته هر ردیف (هفت ضریب در هر ردیف) به ضرب کننده ها وارد می شود. اما با توجه به ساختار خط لوله ای، تنها یک پیکسل به واحد جمع-ضرب خط لوله ای وارد شده و به عنوان ورودی دیگر همه ضرب کننده ها استفاده می شود. به طور خلاصه، در هر واحد جمع-ضرب خط لوله ای، یک پیکسل در هر سیکل هم زمان در هفت ضریب هسته ضرب می شود. بنابراین، برخلاف روش غیرپایپ لاین، با پهنای باند ۴۹ پیکسل بر سیکل، کانوالور پایپ لاین به تنها ۷ پیکسل در هر سیکل برای محاسبه کانولوشن نیاز دارد.



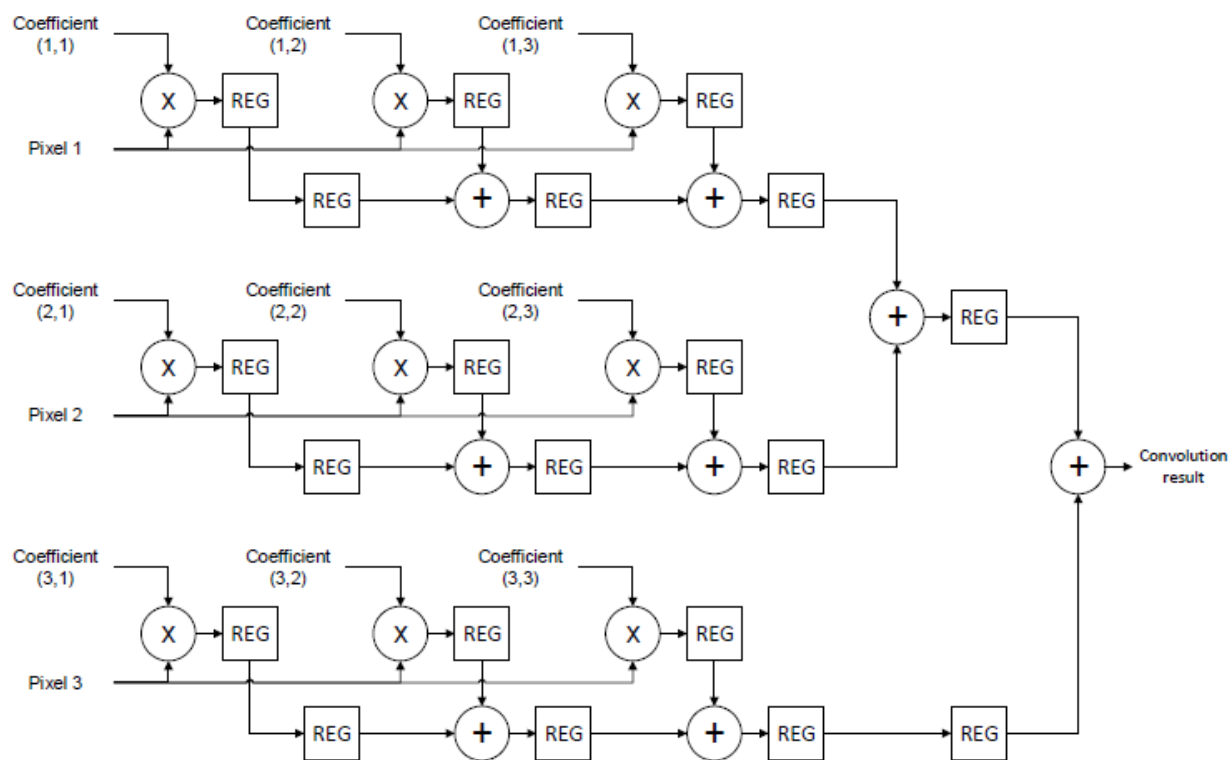
شکل ۵. واحد جمع-ضرب خط لوله ای

کانوالور غیرپایپ لاین در شکل ۶ نشان داده شده است. همانند طرح پایپ لاین، در مجموع ۷ واحد جمع-ضرب خط لوله ای مورد نیاز است اما از آنجا که هر جمع-ضرب خط لوله ای در هر سیکل تنها یک نتیجه میانی را تولید می کند بنابراین به جای یک درخت جمع ۴۹ به ۱ اینجا یک درخت ۷ به ۱ برای جمع نهایی مورد نیاز است.

برای نشان دادن صحت عملکرد طرح پیشنهاد شده، پیاده سازی کامل کانوالور پایپ لاین برای یک هسته  $3 \times 3$  در بلوک دیاگرام شکل ۷ ترسیم شده است.



شکل ۶. کانوالور پایپ لاین



شکل ۷. پیاده سازی کانوالور پایپ لاین برای یک هسته  $3 \times 3$

## برای انجام پروژه توجه به نکات زیر حائز اهمیت است:

۱- کد پروژه باید به صورت Structural نوشته شود.

۲- برای پروژه های داده شده Testbench مناسب بنویسید.