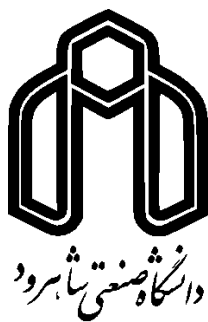


بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده‌ی فیزیک و مهندسی هسته‌ای

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای

بازیابی تفکیک مکانی آشکارساز دو بعدی MWPC با استفاده از واحد TDC با

دقت زمانی پیکوثانیه

نگارنده : فاطمه افراسیابی

اساتید راهنما :

دکتر مسلم سوهانی - دکتر جواد رحیقی

استاد مشاور :

دکتر هادی بهنامیان

مهر ۱۳۹۹

شماره:
تاریخ:

باسم تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای فاطمه افراسیابی با شماره دانشجویی ۹۶۰۲۷۰۴ رشته فیزیک گرایش هسته ای تحت عنوان بازیابی تفکیک مکانی آشکار ساز دویعدی MWPC با استفاده از واحد TDC با دقت زمانی پیکوثانی که در تاریخ ۹۹/۷/۲۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹	☒ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۹۹-۱۸/۱۸
☐ ج) درجه خوب: نمره ۹۹-۱۷/۱۶	☐ د) درجه متوسط: نمره ۹۹-۱۵/۱۴
☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد	
نوع تحقیق: ☐ نظری ☒ عملی	

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر مسلم سوهانی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر جواد رحیقی	استاد	
۳- استاد مشاور	دکتر هادی بهنامیان	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مرتضی رفیعی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر حسین توکلی عنبران	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر احسان ابراهیمی	استادیار	



نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تقدیم به رهبرم

حضرت ماه، سید علی حسینی خامنه‌ای

و روح بلند سردار دل‌ها

شهید سپهبد حاج قاسم سلیمانی

تشکر و قدردانی

«...تا آموختن را آموختم، آموخته را جمله بسوختم. اندوخته را برانداختم و انداخته را بیندوختم. نیست را بفروختم تا هست را بیفروختم. الهی، آنچه بر سر ما آید بر سر کسی نیاید. دیده‌ای که به نظاره‌ی تو آید هرگز باز پس نیاید. اصل وصال دل است و باقی زحمت آب و گل...» (برگفته از مناجات‌نامه‌ی خواجه عبدالله انصاری)

سپاس پروردگار را که بار دیگر فرصت آموختن داد. اکنون که به یاری پروردگار و کمک اساتید موفق به اتمام این رساله شده‌ام، بر خود واجب می‌دانم سپاسگزار تمامی عزیزانی باشم که در این راه مرا یاری نمودند.

سپاسگزاری ویژه از استاد بزرگوار، دکتر مسلم سوهانی به خاطر راهنمایی، پاسخگویی و حضور همیشگی‌شان در تمام مراحل تحصیل.

سپاس فراوان از استاد بزرگوار، دکتر جواد رحیقی به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان و زمان بسیاری که برای پیشرفت این پایان‌نامه صرف کردند.

از دکتر هادی بهنامیان و مهندس مرتضی جعفرزاده خطیبانی که در تمام مراحل انجام این پایان‌نامه حضور همیشگی داشتند تشکر می‌کنم. بی‌شک بدون حضور ایشان تاریکی مطلق عدم آگاهی، هرگز به نور و روشنایی دانستن نمی‌رسید.

از سایر اساتیدم در دانشکده‌ی فیزیک و مهندسی هسته‌ای دانشگاه صنعتی شاهرود به ویژه دکتر حسین توکلی عنبران که برای اولین بار دریچه آموختن فیزیک هسته‌ای را برایم گشودند، سپاسگزارم.

از آقایان Oliver Couet, Bertrand Bellenot در مرکز CERN و آقای علی خلیل زاده برای راهنمایی‌شان پیرامون چارچوب ROOT، آقای هادی فتحی برای کمک در بخش الکترونیک، آقای محسن اکبری و سرکار خانم دکتر قهرمانی در طرح چشمه‌ی نور ایران تشکر می‌کنم.

از دوست عزیزم سرکار خانم زهرا صادقچه به خاطر یادآوری همیشگی نکات نادیده سپاسگزارم.

از خانواده عزیزم، مادر همواره پشتیبانم و برادرهای دلسوزم که این راه را با هم طی کردیم، عاشقانه سپاسگزارم.

تعهدنامه

اینجانب فاطمه افراسیابی دانشجوی دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک هسته‌ای دانشکده‌ی فیزیک و مهندسی هسته‌ای دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده‌ی پایان نامه‌ی بازیابی تفکیک مکانی آشکارساز دو بعدی MWPC با استفاده از واحد TDC با دقت پیکو ثانیه تحت راهنمایی دکتر مسلم سوهانی و دکتر جواد رحیقی متعهد می‌شوم:

- ✓ تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- ✓ در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- ✓ مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- ✓ کلیه حقوق معنوی این اثر مشترکا متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود و طرح چشمه‌ی نور ایران می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» یا «Shahrood University of Technology» و «طرح چشمه‌ی نور ایران» یا «Iranian Light Source Facility, ILSF» به چاپ خواهد رسید.
- ✓ حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- ✓ در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه‌ی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۱۳۹۸/۷/۲۹

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- ✓ کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است)، بر اساس تفاهم‌نامه‌ی دانشگاه صنعتی شاهرود و طرح چشمه‌ی نور ایران، مشترکا به دانشگاه صنعتی شاهرود و طرح چشمه‌ی نور ایران تعلق دارد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- ✓ استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

آشکارساز تناسبی چند سیمی به دلیل ویژگی‌هایی همچون ناحیه‌ی فعال بزرگ، زمان مرده‌ی کم، در دسترس بودن اطلاعات مکانی و انرژی به صورت همزمان و موارد دیگر به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله کاربردهای این نوع آشکارساز می‌توان به کاربرد آن در مطالعه‌ی پراش پرتوی ایکس، آشکارسازی تابش سنکروترون، فیزیک انرژی‌های زیاد، کریستالوگرافی، تصویربرداری نوترون های کم انرژی و فیزیک پزشکی اشاره کرد. الکترونیک استاندارد VME در مقایسه با الکترونیک استاندارد NIM برتری‌های چشمگیری دارد که کاربر را به استفاده از این سیستم ترغیب می‌کند. در این پایان‌نامه، که در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و با همکاری طرح چشمه‌ی نور ایران (ILSF) انجام شده است از ماژول کنترلر مدل V1718، ماژول TDC مدل V1190A و ماژول دیجیتالیزر مدل V1721 با استاندارد VME ساخت شرکت CAEN استفاده شده است. همچنین جهت تحلیل اطلاعات خروجی الکترونیک استاندارد VME، کد نویسی به زبان C++ انجام شده است.

کلمات کلیدی: آشکارسازهای گازی، آشکارسازهای حساس به موقعیت، آشکارساز تناسبی چند سیمی، الکترونیک استاندارد VME، مبدل زمان به دیجیتال.

فهرست مطالب

فصل اول - تاریخچه.....	۱
۱-۱ تاریخچه‌ی آشکارساز تناسبی چند سیمی.....	۲
۱-۲ کاربردهای آشکارساز تناسبی چند سیمی.....	۳
۱-۳ معرفی الکترونیک استاندارد NIM.....	۳
۱-۳-۱ سیر تاریخی.....	۳
۴-۱ معرفی الکترونیک استاندارد VME.....	۴
۱-۴-۱ سیر تاریخی.....	۴
۱-۵ هدف پایان نامه.....	۵
فصل دوم - مقدمه.....	۷
۲-۱ الکترونیک استاندارد NIM.....	۸
۱-۱-۲ معرفی اجزای الکترونیک استاندارد NIM.....	۸
۲-۱-۲ ماژول تبعیضگر کسر ثابت.....	۱۰
۳-۱-۲ ماژول مبدل زمان به دامنه و ماژول تحلیل گر تک کاناله.....	۱۳
۴-۱-۲ ماژول همفرودی سریع.....	۱۳
۵-۱-۲ ماژول تاخیر.....	۱۶
۶-۱-۲ ماژول مبدل TTL به ECL.....	۱۷

۲۰	۲-۲ الکترونیک استاندارد VME.....
۲۰	۲-۲-۱ قفسه VME.....
۲۱	۲-۲-۲ کنترل کننده.....
۲۵	۲-۲-۲-۱ آدرس دهی ماژول.....
۲۵	۲-۲-۲-۲ قابلیت ایجاد وقفه.....
۲۶	۲-۲-۲-۳ خاتمه‌ی چرخه.....
۲۶	۲-۲-۲-۴ ماژول V1718 به عنوان برد فرعی.....
۲۹	۳-۲-۲ دیجیتال کننده.....
۳۱	۱-۳-۲-۲ صفحه‌ی جلویی ماژول V1721.....
۳۳	۲-۳-۲-۲ مولفه‌های داخلی برد.....
۳۴	۳-۳-۲-۲ روش خواندن داده.....
۳۵	۴-۲-۲ مبدل زمان به دیجیتال.....
۳۵	۱-۴-۲-۲ صفحه‌ی جلویی ماژول V1190A.....
۴۰	۲-۴-۲-۲ تراشه‌ی TDC.....
۴۳	۳-۴-۲-۲ مولفه‌های داخلی برد.....
۴۴	۴-۴-۲-۲ آدرس دهی به ماژول.....
۴۶	۵-۴-۲-۲ پاک کردن و تنظیم مجدد.....
۴۸	۶-۴-۲-۲ روتین‌های اجرایی.....

فصل سوم – مبانی و روش‌ها ۵۵

۳-۱ آشکارسازهای گازی ۵۶

۳-۱-۱ رابطه‌ی بین ولتاژ و بار جمع‌آوری شده ۵۶

۳-۲ انواع آشکارسازهای گازی ۵۹

۳-۲-۱ اتاقک یونش ۶۰

۳-۲-۲ اتاقک جریان ۶۱

۳-۲-۳ شمارنده‌های تناسبی ۶۲

۳-۲-۴ شمارنده‌های گایگر-مولر ۶۴

۳-۳ انواع آشکارسازهای تناسبی ۶۵

۳-۳-۱ شمارنده‌های تناسبی معادل بافت ۶۵

۳-۳-۲ شمارنده‌های بهمنی صفحه تخت ۶۶

۳-۳-۳ شمارنده‌های تناسبی حساس به مکان ۶۶

۳-۳-۴ شمارنده‌های تناسبی چند سیمی ۶۷

فصل چهارم – نتایج و تحلیل داده‌ها ۷۱

۴-۱ مقدمه ۷۲

۴-۲ سیگنال خروجی پیش تقویت کننده ۷۲

۴-۳ روش‌های اندازه‌گیری زمان ۷۴

۴-۴	شکل دهی دوزنقه‌ای	۷۵
۴-۵	شکل دهی گاوسی	۷۷
۴-۶	راه‌اندازی آشکارساز تناسبی چندسیمی	۸۲
۴-۷	ساختار آشکارساز و چیدمان آزمایش	۸۴
۴-۸	تست میزان تاخیر در صفحه‌ی کاتد با سیگنال پالسر	۸۸
۴-۹	بدست آوردن قدرت تفکیک مکانی صفحه‌ی کاتد با سیگنال پالسر	۸۹
۴-۱۰	تست آشکارساز با گازدهی و در حضور چشمه	۹۱
۴-۱۰	طیف زمانی آشکارساز در حضور چشمه	۹۵
۴-۱۱	نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۹۷
	پیوست الف	۹۸
	منابع	۱۰۲

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) قفسه‌ی NIM..... ۹
- شکل (۲-۲) مراحل عملکرد ماژول تبعیضگر کسر ثابت..... ۱۰
- شکل (۳-۲) سیگنال خروجی ماژول تبعیضگر کسر ثابت..... ۱۱
- شکل (۴-۲) ماژول تبعیضگر کسر ثابت تک کاناله..... ۱۲
- شکل (۵-۲) ماژول تبعیضگر کسر ثابت چهار کاناله..... ۱۲
- شکل (۶-۲) ماژول مبدل زمان به دامنه و تحلیل گر تک کاناله..... ۱۴
- شکل (۷-۲) ماژول همفرودی سریع..... ۱۵
- شکل (۸-۲) ماژول تاخیر..... ۱۶
- شکل (۹-۲) دسته‌بندی سیگنال‌های منطقی..... ۱۷
- شکل (۱۰-۲) ماژول مبدل TTL به ECL..... ۱۹
- شکل (۱۱-۲) یک نمونه قفسه‌ی VME..... ۲۱
- شکل (۱۲-۲) تصویر صفحه‌ی جلویی و پشتی ماژول V1718..... ۲۲
- شکل (۱۳-۲) مفهوم چراغ‌های صفحه‌ی جلویی ماژول V1718..... ۲۳
- شکل (۱۴-۲) نمودار بلوکی ماژول V1718..... ۲۴
- شکل (۱۵-۲) نمایی از روی برد ماژول V1718..... ۲۸

- شکل (۱۶-۲) نمودار بلوکی ماژول V1718..... ۳۰
- شکل (۱۷-۲) صفحه‌ی جلویی ماژول V1721..... ۳۱
- شکل (۱۸-۲) نمای داخلی ماژول V1721..... ۳۳
- شکل (۱۹-۲) نمودار بلوکی ماژول V1190A..... ۳۶
- شکل (۲۰-۲) صفحه‌ی جلویی ماژول V1190A..... ۳۷
- شکل (۲۱-۲) پین‌های مثبت و منفی کانکتور A در ماژول V1190A..... ۳۹
- شکل (۲۲-۲) کابل کانکتور ورودی صفحه‌ی جلویی ماژول V1190A..... ۴۰
- شکل (۲۳-۲) نمودار بلوکی تراشه‌ی TDC..... ۴۱
- شکل (۲۴-۲) حالت‌های ثبت یک رخداد در ماژول V1190A..... ۴۲
- شکل (۲۵-۲) نمای داخلی ماژول V1190A..... ۴۳
- شکل (۱-۳) رابطه‌ی بین ولتاژ اعمال شده و بار جمع‌آوری شده..... ۵۷
- شکل (۲-۳) یونش تولید شده توسط تابش‌های مختلف در نواحی پنج‌گانه..... ۵۸
- شکل (۳-۳) هندسه‌های مختلف در آشکارسازهای گازی..... ۶۰
- شکل (۴-۳) اتاقک یونش..... ۶۰
- شکل (۵-۳) اتاقک جریان..... ۶۱
- شکل (۶-۳) شمارنده‌ی تناسبی معادل بافت..... ۶۵

- شکل (۷-۳) مراحل تشکیل سیگنال روی سیم آند..... ۶۶
- شکل (۸-۳) شمارنده‌ی تناسبی حساس به مکان..... ۶۷
- شکل (۹-۳) ساختمان آشکارساز تناسبی چند سیمی..... ۶۷
- شکل (۱۰-۳) خطوط میدان در آشکارساز تناسبی چند سیمی..... ۶۸
- شکل (۱۱-۳) نمایی از تشکیل بهمن الکترون یون..... ۶۹
- شکل (۱۲-۳) تکنیک خط تاخیر استفاده شده در آشکارساز تناسبی چند سیمی..... ۶۹
- شکل (۱-۴) سیگنال خروجی پیش تقویت کننده..... ۷۳
- شکل (۲-۴) سیگنال دیجیتالی شده‌ی پیش تقویت کننده..... ۷۳
- شکل (۳-۴) اثر فیلتر دوزنقه‌ای روی سیگنال خروجی پیش تقویت کننده..... ۷۶
- شکل (۴-۴) سیگنال دوزنقه‌ای خروجی پیش تقویت کننده..... ۷۷
- شکل (۵-۴) سیگنال خروجی پیش تقویت کننده..... ۷۹
- شکل (۶-۴) سیگنال تقریباً گاوسی شده‌ی خروجی پیش تقویت کننده..... ۷۹
- شکل (۷-۴) سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی یک..... ۸۰
- شکل (۸-۴) سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی دو..... ۸۱
- شکل (۹-۴) سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی سه..... ۸۱
- شکل (۱۰-۴) سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی چهار..... ۸۲

- شکل (۴-۱۱) میزان جذب فوتون در سه گاز آرگون، کریپتون و زنون..... ۸۴
- شکل (۴-۱۲) صفحات آند و کاتد در فاصله‌ی معین از هم..... ۸۵
- شکل (۴-۱۳) آشکارساز تناسبی چند سیمی..... ۸۶
- شکل (۴-۱۴) آشکارساز و پیش تقویت کننده..... ۸۶
- شکل (۴-۱۵) سیستم تزریق گاز..... ۸۷
- شکل (۴-۱۶) سیستم الکترونیک..... ۸۷
- شکل (۴-۱۷) چیدمان اجزای آزمایش..... ۸۸
- شکل (۴-۱۸) سیگنال‌های خروجی از دو سر کاتد..... ۸۹
- شکل (۴-۱۹) طیف زمانی حاصل از حرکت پراب روی کاتد..... ۹۰
- شکل (۴-۲۰) سیگنال خروجی از دو سر کاتد در حضور چشمه..... ۹۲
- شکل (۴-۲۱) سیگنال تقویت شده دو سر کاتد به وسیله‌ی پیش تقویت کننده..... ۹۲
- شکل (۴-۲۲) طیف زمانی حاصل از آشکارساز در حضور موازی‌ساز که با TDC گرفته شده است..... ۹۵
- شکل (۴-۲۳) طیف زمانی حاصل از آشکارساز در غیاب موازی‌ساز که با TDC گرفته شده است..... ۹۶
- شکل (الف-۱) فیلتر CR-RC..... ۹۸
- شکل (الف-۲) تغییر شکل سیگنال در عبور از فیلتر گاوسی..... ۹۹

فهرست جداول

جدول (۱-۲) آدرس ماژول V1718.....	۲۶
جدول (۲-۲) ثبات‌های ماژول V1718.....	۲۷
جدول (۳-۲) چراغ‌های صفحه‌ی جلویی ماژول V1721.....	۳۲
جدول (۴-۲) سیگنال‌های کنترلی.....	۳۶
جدول (۵-۲) رنگ و عملکرد چراغ‌های صفحه‌ی جلویی ماژول.....	۳۸
جدول (۶-۲) آدرس‌های شناخته شده توسط ماژول V1190A در حالت آدرس‌دهی با آدرس پایه.....	۴۴
جدول (۷-۲) آدرس‌های شناخته شده توسط ماژول V1190A در حالت آدرس‌دهی با MCST/CBLT.....	۴۵
جدول (۸-۲) انواع عملیات پاک‌سازی به همراه آدرس برای ثبات‌های مختلف	۴۷
جدول (۹-۲) کدهای مربوط به اخذ داده.....	۴۸
جدول (۱۰-۲) کدهای مربوط به تریگر.....	۴۹
جدول (۱۱-۲) کدهای مربوط به حالت ثبت رخدادها و دقت زمانی.....	۴۹
جدول (۱۲-۲) کدهای مربوط به خوانش داده.....	۵۰
جدول (۱۳-۲) کدهای مربوط به فعال‌سازی کانال‌ها.....	۵۰
جدول (۱۴-۲) کدهای مربوط به تنظیمات خاص.....	۵۱
جدول (۱۵-۲) کدهای متفرقه و پیشرفته.....	۵۱

جدول (۲-۱۶) کدهای مربوط به عیب‌یابی و تست.....۵۲

جدول (۲-۱۷) آدرس ثبات‌های ماژول V1190A.....۵۳

جدول (۳-۱) انرژی لازم برای تولید یک زوج الکترون-یون در گازهای رایج.....۵۶

جدول (۴-۲) داده‌های ماژول TDC.....۹۴

سازمان‌ها، نام‌های اختصاری، سیستم‌ها

NIM :

1. The standardized modular instrumentation system(nuclear instrument modules).
2. A committee sponsored by the U.S. Department of Energy and associated with the U.S. National Institute of Standard and Technology. Its membership consist of representative of the U.S. National Laboratories and of other major laboratories and universities. The NIM Committee produced the NIM instrumentation specifications, developed the FASTBUS system with the collaboration of the ESONE Committee, and collaborated with ESONE in the maintenance and extension of CAMAC. It has responsibility for the NIM and FASTBUS system and for the U.S. involvement with CAMAC.

FASTBUS :

A standard high-speed modular data acquisition and control system developed by the NIM Committee, with the collaboration of the ESONE Committee, and defined in ANSI/IEEE Std 960.

ESONE :

A multi-national committee representing European nuclear laboratories. It produced the initial CAMAC specification and collaborated with the NIM Committee in the maintenance and extension of CAMAC.

ANSI :

American National Standards Institute, Inc.

IEEE :

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

CAMAC :

A standard modular instrumentation and digital system as defined in ANSI/IEEE Std 583 (often treated as an acronym for “Computer Automated Measurement and Control”).

DOE. U.S Department of Energy :

(The former U.S. Atomic Energy Commission(AEC) has been integrated into the Department of Energy.)

EURATOM :

European Atomic Energy Agency

IEC :

International Electrotechnical Commission

فصل اول :

تاریخچه

۱-۱ تاریخچه‌ی آشکارساز تناسبی چند سیمی

اولین نمونه‌ی آشکارساز تناسبی چند سیمی در سال ۱۹۶۸ توسط جرج چارپک^۱ در سرن^۲ ساخته شد. تکنیک آشکارسازی جدیدی که قادر به ثبت مکان میلیون‌ها ذره در هر ثانیه بود. تا سال ۱۹۶۸ بیشتر روش‌های آشکارسازی ذرات در فیزیک بر مبنای شمارنده‌های سوسوزن^۳، اتاقک‌های حباب^۴ و اتاقک‌های اسپارک^۵ بود. کشف یک ذره یا یک پدیده‌ی جدید اغلب به معنی جستجوی یک اندرکنش کمیاب (نادر) در بین میلیاردها اندرکنش است. یک دوربین می‌توانست یک اسپارک را ثبت کند اما یک آشکارساز سیمی متصل به یک تقویت‌کننده می‌توانست اثرات بسیار کوچک‌تر را ثبت کند.

چارپک متوجه شد که با استفاده از الکترونیک مدرن و اتصال مستقیم آشکارساز به رایانه امکان افزایش میزان اطلاعات وجود دارد. او در ۲۳ فوریه سال ۱۹۶۸ به همراه همکارانش مقاله‌ای با عنوان "استفاده از آشکارساز تناسبی چند سیمی برای انتخاب و تعیین مکان ذرات باردار" منتشر کرد. پیشنهاد چارپک این بود که به جای استفاده از یک تیوب و یک رشته سیم، مانند شمارنده‌های تناسبی، از محفظه‌ای جعبه مانند که با گاز پر شده و تعدادی سیم موازی هم، در داخل آن استفاده شود. چارپک در سال ۱۹۹۲ موفق به دریافت جایزه‌ی نوبل فیزیک شد.

امروزه در بسیاری از آزمایش‌ها در فیزیک ذرات از آشکارسازهایی استفاده می‌شود که براساس اصول آشکارساز چارپک عمل می‌کنند. این آشکارساز در اکتشافات مهم فیزیک ذرات مانند کشف کوارک شگفت ، بوزون‌های Z, W ، گلوئون و در دیگر رشته‌ها مانند پزشکی و بیولوژی نقش داشته است [۱].

¹ Georges Charpak

² Cern

³ Scintillation Counter

⁴ Bubble Chamber

⁵ Spark

۱-۲ کاربردهای آشکارساز تناسبی چند سیمی

آشکارساز تناسبی چند سیمی به دلیل ویژگی‌هایی همچون ناحیه‌ی فعال بزرگ، زمان مرده‌ی کم، در دسترس بودن اطلاعات مکانی و انرژی به صورت همزمان و موارد دیگر به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲]. از جمله کاربردهای این نوع آشکارساز می‌توان به کاربرد آن در مطالعه‌ی پراش پرتوی ایکس^۶[۳]، آشکارسازی تابش سنکروترون[۴]، فیزیک انرژی‌های زیاد[۵]، کریستالوگرافی[۶]، تصویربرداری نوترون‌های کم انرژی[۷] و فیزیک پزشکی اشاره کرد[۸].

۱-۳ معرفی الکترونیک استاندارد NIM

۱-۳-۱ سیر تاریخی

در دسامبر سال ۱۹۶۳ اداره ملی استاندارد گزارشی به کمیسیون انرژی اتمی ایالات متحده نوشت : "... توسعه‌ی ماژول‌ها با این هدف انجام شده است که در همه‌ی آزمایشگاه‌های ملی تبدیل به ماژول‌های استاندارد شوند و دیگر شرکت‌ها دقیقاً با این استاندارد ماژول‌ها را بسازند."

با این پیشنهاد، گروه زیست‌شناسی و پزشکی کمیسیون انرژی اتمی ایالات متحده در ۲۶ فوریه ۱۹۶۴ جلسه‌ی معرفی برای آزمایشگاه‌های ملی AEC با هدف برآورد میزان علاقه‌مندی آزمایشگاه‌ها نسبت به این موضوع تشکیل داد. در این جلسه تصمیم بر ساخت یک ماژول استاندارد گرفته شد. کمیته‌ی NIM تاسیس شد و مسئولیت توسعه به این کمیته محول شد. کمیته NIM اولین جلسه‌ی خود را در ۱۷ مارس ۱۹۶۴ برگزار کرد. جلسات بعدی در ماه آوریل و مه برگزار شدند. در طی این جلسات تصمیم اصلی گرفته شد. هدف ساخت الکترونیک استاندارد بود که به لحاظ طراحی فیزیکی و الکتریکی قابل جابه‌جایی باشد. در

⁶ X-Ray Diffraction

جولای ۱۹۶۴ مشخصات سیستم NIM منتشر شد. اولین نمونه‌ی تجاری در نوامبر سال ۱۹۶۴ ساخته شد و در ۱۹۶۵ به صورت گسترده در دسترس قرار گرفت [۹].

۴-۱ معرفی الکترونیک استاندارد VME

۴-۱-۱ سیر تاریخی

ایده‌ی ساخت گذرگاه VME^۷ بر مبنای گذرگاه VERSA^۸ در سال ۱۹۸۰ توسط موتورولا^۹، یک گروه اروپایی تولیدکننده‌ی ریزپردازنده^{۱۰} در مونیخ آلمان مطرح شد. گذرگاه VERSA اولین بار در سال ۱۹۷۹ در ریزپردازنده‌های ۶۸۰۰۰ موتورولا تعریف شده بود. برای تحقق این ایده مکس لوسل^{۱۱} و سون راو^{۱۲} چند نمونه برد طراحی کردند. آنها گذرگاه جدید را VERSAbus-E نامیدند. این نام بعدها توسط لیمن هول^{۱۳} به VME^{۱۴} تغییر یافت. شخصی که موسس گروه تجاری VME به نام VITA^{۱۵} بود. در اوایل سال ۱۹۸۱ موتورولا، موستک^{۱۶} و سیگنتیکس^{۱۷} به این گروه پیوستند. همه‌ی این شرکت‌ها قبلاً از حامیان خانواده‌ی ریزپردازنده‌های ۶۸۰۰۰ بودند. جان بلک^{۱۸} از موتورولا و سسیل کالینسکی^{۱۹} از سیگنتیکس اولین پیش نویس مشخصات گذرگاه VME را تهیه کردند. در اکتبر ۱۹۸۱ مشخصات گذرگاه VME نسخه A در اختیار عموم قرار گرفت. مشخصات نسخه B در آگوست ۱۹۸۲ توسط گروه تازه تاسیس VITA منتشر شد. سرانجام کمیته‌ی بین‌المللی الکتروتکنیک^{۲۰} در اواخر سال ۱۹۸۲ نسخه B را به عنوان یک استاندارد بین‌المللی معرفی کرد. این استاندارد مشخصاتی از جمله ابعاد برد، مشخصات کانکتورها، مشخصات قفسه، مشخصات

⁷ VMEbus

⁸ VERSAbus

⁹ Motorola Company

¹⁰ Microprocessor

¹¹ Max Loesel

¹² Sven Rau

¹³ Lyman Hevle

¹⁴ Versa Module European

¹⁵ VME International Trade Association

¹⁶ MOSTEK

¹⁷ SIGNETICS

¹⁸ John Black

¹⁹ Cecil Kalinsky

²⁰ IEC

الکترونیکی، توابع سیگنال، تعیین زمان، سطوح ولتاژ سیگنال و تنظیمات مبدل‌های اصلی و فرعی را تعریف می‌کند. امروزه گذرگاه VME کاربردهای صنعتی، تجاری و نظامی بسیاری دارد [۱۰].

۱-۵ هدف پایان‌نامه

در این پایان‌نامه به دنبال روشی سریع‌تر و دقیق‌تر برای تحلیل اطلاعات یکی از انواع آشکارسازهای حساس به موقعیت هستیم که قابل تعمیم به دیگر انواع این آشکارسازها نیز هست. استفاده از الکترونیک VME با دقت زمانی قابل توجه برای آنالیز اطلاعات در آهنگ‌های شمارش زیاد بسیار کارآمد خواهد بود. با اتخاذ شرایط مناسب، ترکیب دقت مکانی زیاد و قدرت تفکیک زمانی از مرتبه‌ی پیکوثانیه برای انواع کاربردها نقطه‌ی قوت بزرگی به شمار می‌رود. در آهنگ‌های شمارش زیاد، به آشکارسازی نیاز است که بازده بالایی داشته باشد. ساختار آشکارساز تناسبی چند سیمی در مواردی که با تعداد پالس زیادی مواجه هستیم بسیار کارآمد است. الکترونیک استاندارد VME به دلیل دقت تفکیک زمانی زیاد، امکان اعمال توابع مختلف به صورت نرم‌افزاری و امکان آنالیز آفلاین داده‌ها در آهنگ‌های شمارش زیاد دارای برتری نسبت به الکترونیک استاندارد NIM می‌باشد. در فصل دوم به معرفی اجزای الکترونیک استاندارد NIM و VME می‌پردازیم. در فصل سوم ابتدا به بررسی عملکرد آشکارسازهای گازی می‌پردازیم. سپس انواع آشکارسازهای گازی را بررسی خواهیم کرد. در نهایت آشکارساز تناسبی چند سیمی به عنوان هدف به تفصیل بررسی خواهد شد. در آغاز فصل چهار به بیان نتایج حاصل از اعمال فیلترهای متفاوت بر داده‌های مربوط به ماژول دیجیتالیزر می‌پردازیم، سپس داده‌های گرفته شده از آشکارساز تناسبی چند سیمی با استفاده از ماژول مبدل زمان به دیجیتال بررسی خواهند شد.

فصل دوم :

مقدمه

۲-۱ الکترونیک استاندارد NIM

سیستم NIM یک ابزار استاندارد هسته‌ای با قابلیت جابه‌جایی ماژول‌هاست. این سیستم شامل قفسه و تعدادی ماژول است. قفسه شامل ۱۲ شیار برای قرار گرفتن ماژول‌هاست. ماژول‌ها به لحاظ فیزیکی و الکتریکی به گونه‌ای طراحی شده‌اند که قابلیت قرار گرفتن در هر کدام از شیارهای قفسه را دارند و به سادگی قابل جابه‌جایی هستند.

۲-۱-۱ معرفی اجزای الکترونیک استاندارد NIM

ماژول^{۲۱}:

یک ابزار یا واحد که قابل نصب در قفسه‌ی NIM است.

قفسه^{۲۲}:

محفظه‌ای برای ماژول‌های NIM شامل ۱۲ کانکتور برای اتصال به ماژول‌های NIM جهت تامین ولتاژ مورد نیاز آنها.

کانکتورهای ماژول:

کانکتورهای عقبی ماژول‌های NIM که به کانکتورهای قفسه جهت تامین ولتاژ متصل می‌شوند.

کانکتورهای قفسه:

کانکتورهای عقبی قفسه NIM برای تامین ولتاژ ماژول‌ها و ایجاد دسترسی برای اهداف دیگر.

پین‌های ذخیره:

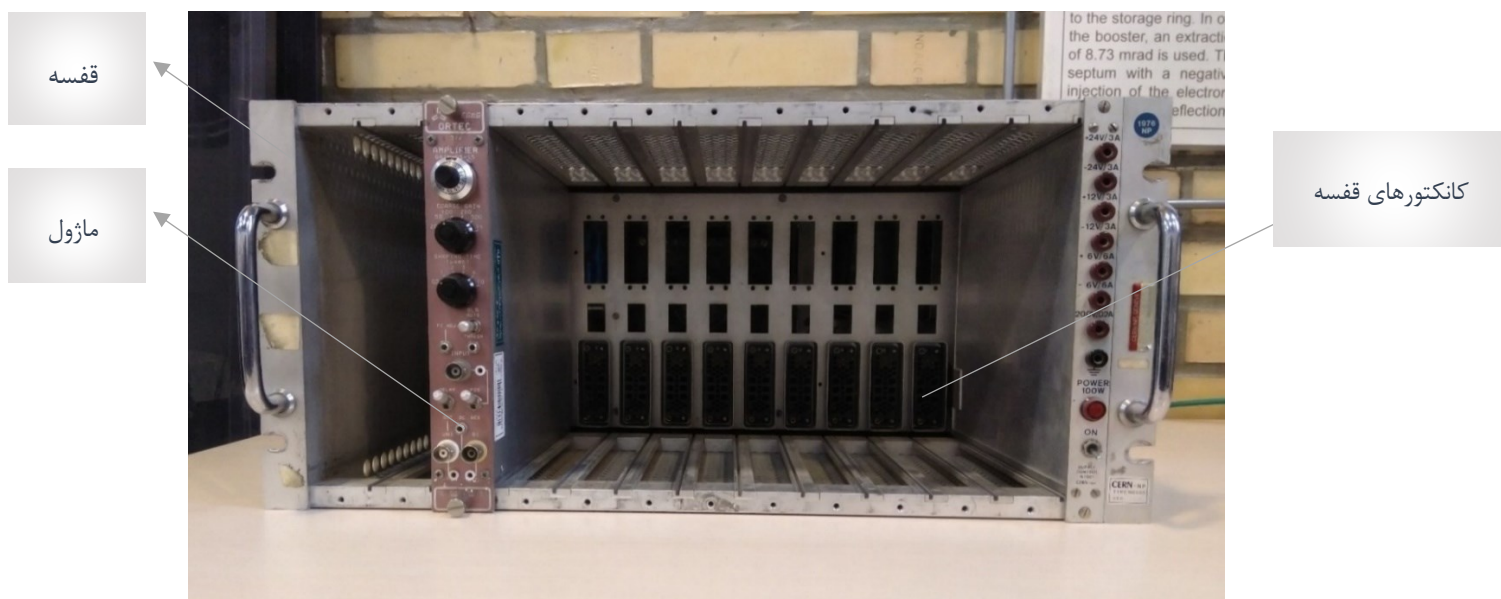
²¹ Module

²² Crate

بین‌های ذخیره که برای اهداف احتمالی آینده تعبیه شده بودند.

منبع تغذیه NIM^{۲۳}:

یک منبع تغذیه در پشت قفسه NIM برای تامین ولتاژ استاندارد NIM از طریق گذرگاه پشت قفسه ($\pm 6, \pm 12, \pm 24$ ولت مستقیم و ۱۱۷ ولت متناوب) [۱۱]. یک نمونه از قفسه‌ی NIM در شکل (۲-۱) نمایش داده شده است.



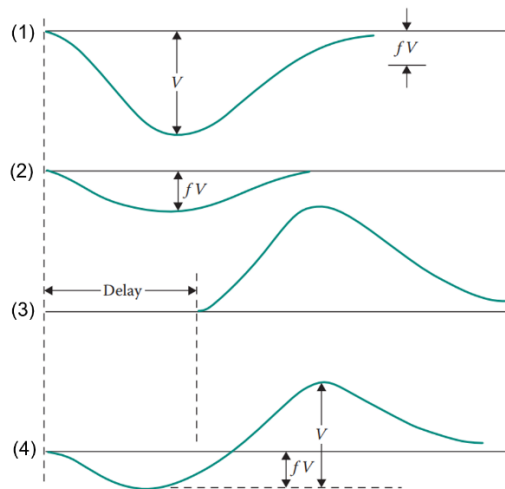
شکل ۲-۱: قفسه‌ی NIM

همانطور که در شکل (۱-۱) دیده می‌شود منبع تغذیه‌ی قفسه که در واقع ولتاژ مورد نیاز ماژول‌ها را تامین می‌کند در پشت قفسه قرار دارد. کانکتورهای ماژول‌ها که به منبع تغذیه متصل می‌شوند در تصویر دیده می‌شوند [۱۲]. الکترونیک NIM ماژول‌های متعددی دارد که برای اهداف مختلف قابل استفاده هستند. تعدادی از این ماژول‌ها در ادامه بررسی خواهند شد.

²³ NIM Power Supply

۲-۱-۲ مازول تبعیضگر کسر ثابت^{۲۴}

تبعیضگر کسر ثابت یک مازول بسیار کاربردی در الکترونیک هسته‌ای است که غالباً در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع مازولی برای ثبت زمان ورود پالس است. یک آشکارساز خاص ممکن است محدوده‌ی دینامیکی^{۲۵} وسیعی داشته باشد لذا ثبت زمان ورود نباید به دامنه‌ی سیگنال وابسته باشد. عملکرد این مازول به این صورت است که پالس اصلی ابتدا با یک ضریب کوچک‌تر از یک تضعیف می‌شود. پالس اصلی معکوس می‌شود و به اندازه‌ی زمانی بیشتر از زمان خیزش تپ تاخیر داده می‌شود. سپس پالس تضعیف شده با پالسی که معکوس شده و تاخیر داده شده است جمع می‌شود. نقطه‌ای که پالس دوقطبی تشکیل شده از صفر عبور می‌کند زمان رسیدن پالس است. مراحل گفته شده در شکل (۲-۲) به تصویر کشیده شده است.



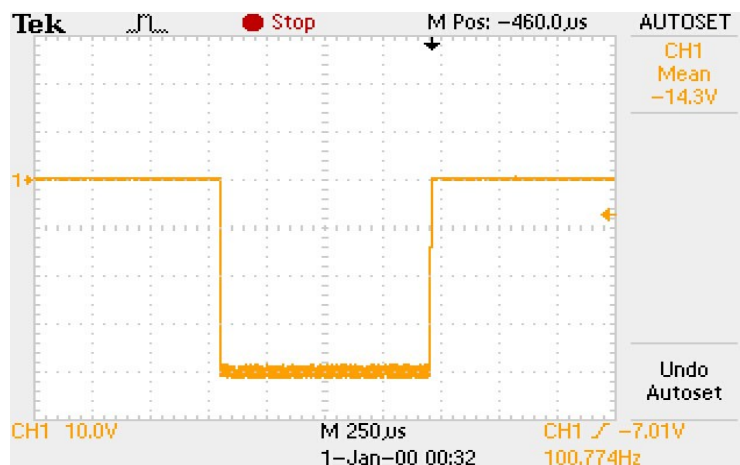
شکل ۲-۲ : مراحل عملکرد مازول تبعیضگر کسر ثابت [۱۳]

از منظر الکترونیک بسیاری از مازول‌هایی که ممکن است در یک آزمایش مورد نیاز باشند به ورودی منطقی احتیاج دارند. در واقع سیگنال خروجی آشکارساز یک سیگنال آنالوگ است. وظیفه‌ی تبعیضگر کسر

²⁴ Constant Fraction Discriminator

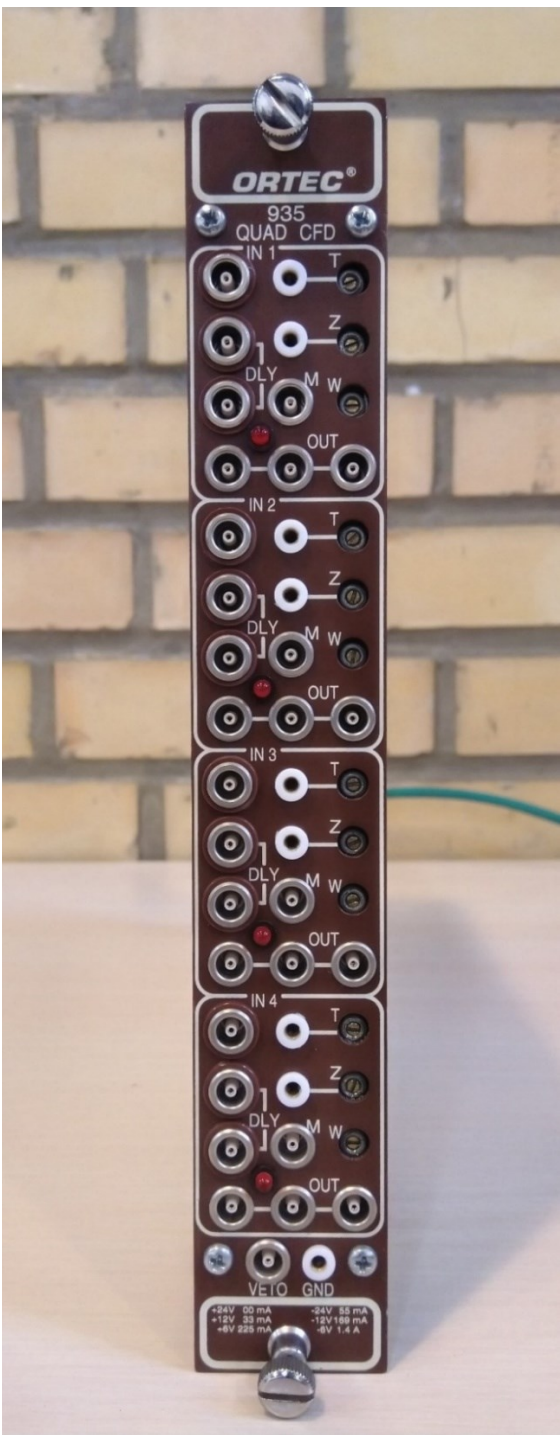
²⁵ Dynamic Range

ثابت این است که این سیگنال آنالوگ را به یک پالس منطقی تبدیل کند تا در ادامه برای ماژول‌های بعدی قابل استفاده باشد. نمونه‌ای از خروجی تبعیضگر کسر ثابت در شکل (۳-۲) نمایش داده شده است. لازم به ذکر است این پالس مربوط به پالسر است و اندازه‌ی آن برای نمایش بهتر با استفاده از منوی پراب اسیلوسکوپ با ضرب شدن در عدد ۱۰ بزرگنمایی شده است.



شکل ۳-۲: سیگنال خروجی ماژول تبعیضگر کسر ثابت

دو نمونه ماژول تبعیضگر کسر ثابت در شکل (۴-۲) و (۵-۲) نمایش داده شده است. تصویر اول یک ماژول تک‌کاناله با قابلیت دریافت یک سیگنال ورودی است [۱۴]. تصویر دوم یک ماژول چهارکاناله را نشان می‌دهد که امکان دریافت چهار سیگنال ورودی را دارد [۱۵].



شکل ۲-۵ : ماژول تبعیضگر کسر ثابت چهار کاناله



شکل ۲-۴ : ماژول تبعیضگر کسر ثابت تک کاناله

۲-۱-۳ ماژول مبدل زمان به دامنه^{۲۶} و ماژول تحلیل گر تک کاناله^{۲۷}

مبدل زمان به دامنه یک واحد الکترونیکی است که وظیفه‌ی آن تبدیل اختلاف زمانی بین دو پالس به یک پالس ولتاژ بین ۰ تا ۱۰ ولت است. بنابراین یکی از پالس‌ها به عنوان شروع و دیگری به عنوان پالس خاتمه در نظر گرفته می‌شود. ارتفاع پالس ولتاژ، متناسب با اختلاف زمانی دو پالس خواهد بود. عملکرد تحلیل گر تک کاناله به این صورت است که اگر پالس ورودی، درون پنجره‌ی از قبل تنظیم شده‌ی ماژول قرار بگیرد ثبت خواهد شد. این پنجره دارای یک کران پایین^{۲۸} و یک کران بالا^{۲۹} است که توسط کاربر و بسته به نوع آزمایش تعیین می‌شود. نمونه‌ای از این ماژول در شکل (۲-۶) نمایش داده شده است [۱۶].

۲-۱-۴ ماژول همفرودی سریع^{۳۰}

این ماژول برای کاربردهای همزمانی یا عدم همزمانی استفاده می‌شود. این پدیده‌ها در بسیاری از آزمایش‌ها و کاربردهای خاص و در مواردی مثل فرونشانی کامپتون، حذف تابش‌های زمینه و پرتوهای کیهانی و غیره کاربرد دارند. پنجره زمانی این ماژول قابل تنظیم است. پنجره‌ی زمانی در واقع تعیین کننده‌ی بازه‌ی بررسی همزمان بودن یا نبودن دو پالس است. تصویر (۲-۷) یکی از ماژول‌های همزمانی را نشان می‌دهد [۱۷].

²⁶ Time to Amplitude Converter(TAC)

²⁷ Single Channel Analiser

²⁸ Lower Level

²⁹ Upper Level

³⁰ Fast Coincidence



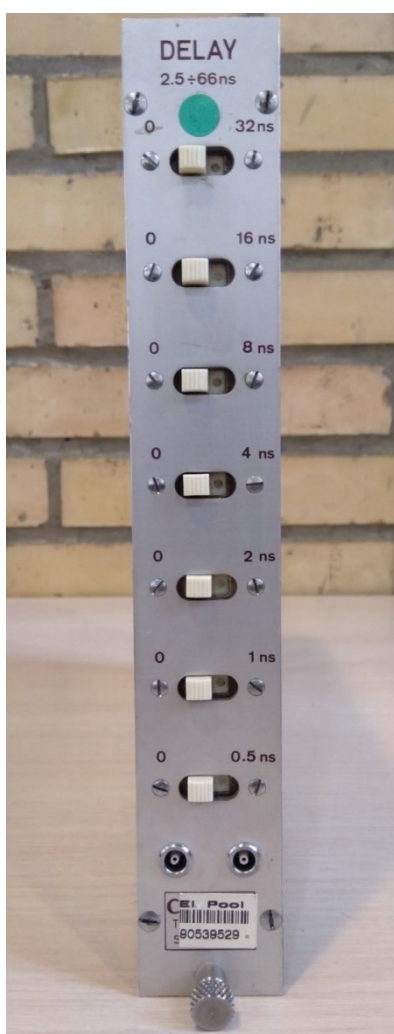
شکل ۲-۶: مازول مبدل زمان به دامنه و تحلیل گر تک کاناله



شکل ۷-۲: ماژول همفرودی سریع

۲-۱-۵ مازول تاخیر^{۳۱}

ساختمان این مازول‌ها بسیار ساده است. در واقع این مازول‌ها فقط شامل طول مشخصی از سیم هستند. وظیفه این مازول‌ها ایجاد تاخیر در انتشار سیگنال است. از آنجا که به ازای هر متر از سیم تاخیر مشخصی در سیگنال ایجاد می‌شود لذا با تعبیه چند متر سیم می‌توان یک مازول تاخیر دهنده ساخت. نمونه‌ای از این مازول‌ها در شکل (۲-۸) نمایش داده شده است.

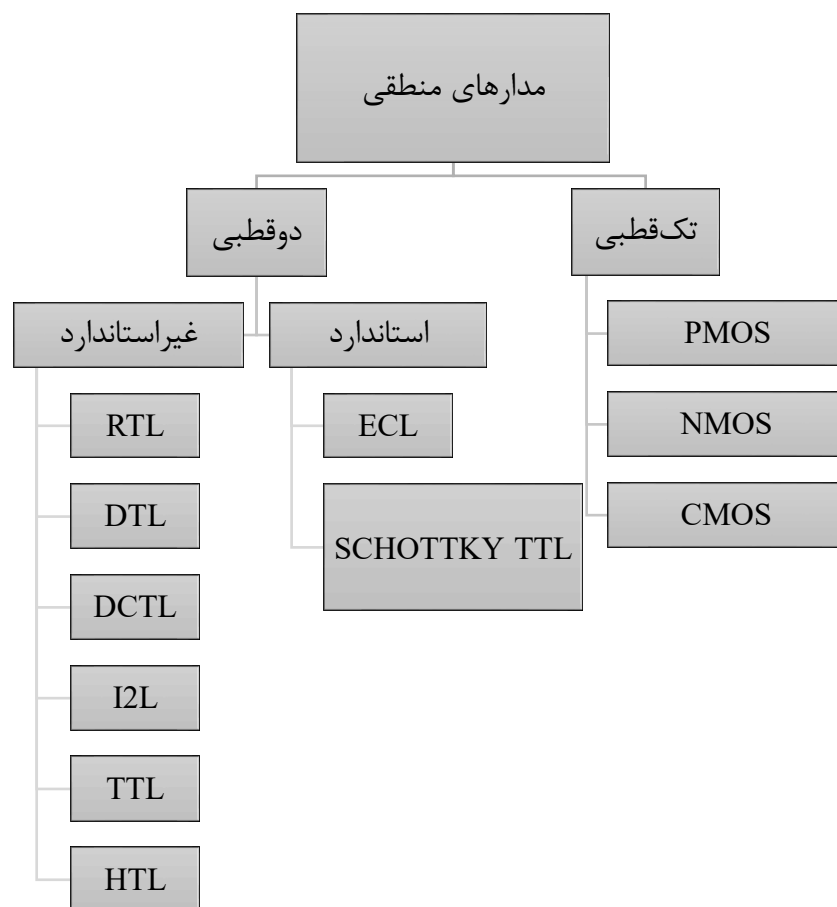


شکل ۲-۸: مازول تاخیر

³¹ Delay

۲-۱-۶ مازول مبدل TTL به ECL

مدارهای منطقی برای پذیرش دو نوع سیگنال طراحی شده‌اند، سیگنال یک^{۳۲} و سیگنال صفر^{۳۳}. صفر یا یک بودن براساس سطح ولتاژ، در قالب تعریف سیگنال‌های استاندارد تعیین می‌شود. تقسیم بندی مدارهای منطقی به صورت شکل (۲-۹) است.



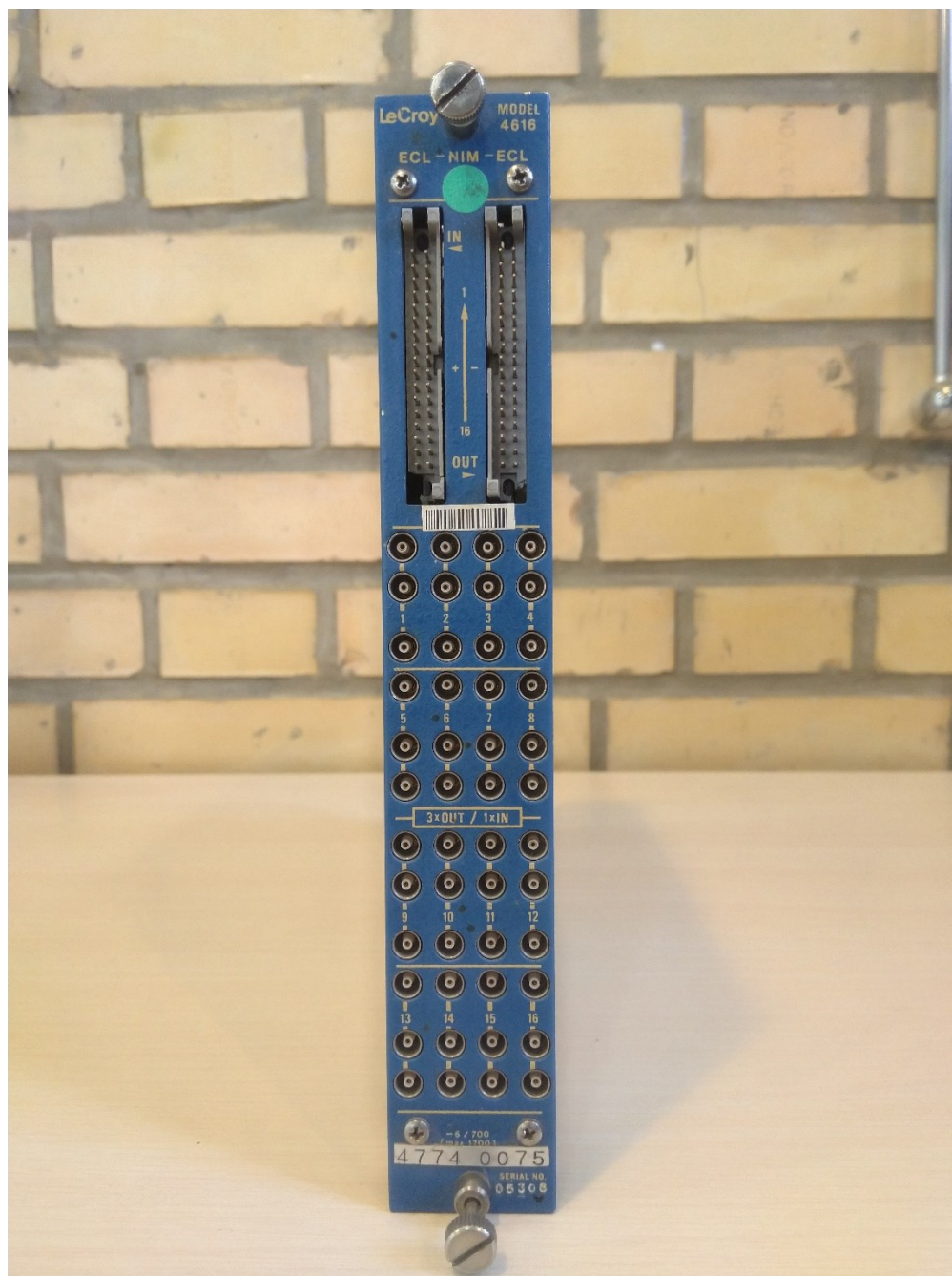
شکل ۲-۹: دسته بندی مدارهای منطقی [۱۸]

همانطور که در تصویر دیده می‌شود مدارهای منطقی انواع مختلفی دارند که بسته به نوع کاربری از آنها استفاده می‌شود. در این جا، ما به طور خاص دو نوع از سیگنال‌های منطقی شامل TTL و ECL را بررسی

³² High(1)

³³ Low(0)

می‌کنیم. در حالت ایده‌آل سیگنال TTL یک، به معنی سطح ولتاژ ۵ ولت و سیگنال صفر، به معنی ۰٫۸ ولت است. اما در مدارهای واقعی این مقدار نمی‌تواند یک عدد دقیق باشد لذا سیگنال بین ۰ تا ۰٫۸ ولت، صفر و سیگنال بین ۲ تا ۵ ولت سیگنال یک خواهد بود. در مورد استاندارد ECL ولتاژ بین ۰٫۸- تا ۱٫۱- سیگنال یک و ولتاژ بین ۱٫۴- تا ۱٫۸- سیگنال صفر است. وظیفه‌ی ماژول مبدل که در شکل (۲-۱۰) نمایش داده شده است تبدیل سیگنال استاندارد TTL به ECL است [۱۹].



شکل ۱۰-۲: ماژول مبدل TTL به ECL

۲-۲ الکترونیک استاندارد VME

الکترونیک VME در مقایسه با الکترونیک NIM برتری‌های چشمگیری دارد که کاربر را به استفاده از این سیستم ترغیب می‌کند. اولین و مهم‌ترین مزیت الکترونیک VME در مقابل NIM قدرت تفکیک زمانی آن است. به عبارت دیگر استفاده از این الکترونیک در کاربردهایی که تفکیک زمانی تعیین کننده است، بسیار مفید است. از طرفی قدرت پردازش زیاد سبب می‌شود که در آهنگ‌های شمارش زیاد نگرانی از دست دادن بخشی از اطلاعات وجود نداشته باشد. علاوه بر این، نکته‌ای که الکترونیک VME را به شدت از الکترونیک NIM متمایز می‌کند امکان آنالیز آفلاین داده‌هاست. در واقع کاربر قادر خواهد بود اطلاعات مد نظر خود را ذخیره کند و در زمان دیگری به آنالیز آنها بپردازد. از دیگر مزایای استفاده از الکترونیک VME قابلیت استفاده از یک ماژول برای چند هدف است. همچنین الکترونیک VME قدرت انعطاف‌پذیری قابل توجهی به کاربر می‌دهد. به عبارت دیگر در این الکترونیک برخی ویژگی‌ها به صورت سخت‌افزاری و بسیاری از پارامترها به صورت نرم‌افزاری تعیین می‌شوند. استفاده از این الکترونیک کاربر را قادر می‌سازد که انواع توابع و اصلاحات مد نظر خود را به راحتی به صورت نرم‌افزاری اعمال کند، در حالی که ممکن است اعمال بسیاری از این توابع به صورت سخت‌افزاری دشوار و یا غیرممکن باشد. این ویژگی‌ها به اضافه‌ی مزایای دیگر، الکترونیک VME را به ابزار مورد توجه کاربران تبدیل کرده است. در ادامه به بررسی اجزای این الکترونیک می‌پردازیم.

۲-۲-۱ قفسه VME^{۳۴}

الکترونیک VME هم مثل NIM دارای قفسه‌ای برای قرار گرفتن ماژول‌ها است، اما ویژگی‌های مخصوص به خود را دارد. VME قفسه‌های متعددی دارد که درموردی مثل ابعاد، تعداد شیارها، نوع درگاه و قابلیت

³⁴ VME Crate

استفاده همزمان برای ماژول‌های NIM و VME تفاوت دارند. تصویر (۲-۱۱) یک نمونه از قفسه‌ی VME را نشان می‌دهد. این قفسه دارای ۲۱ شیار برای قرار گرفتن ماژول‌های VME است.

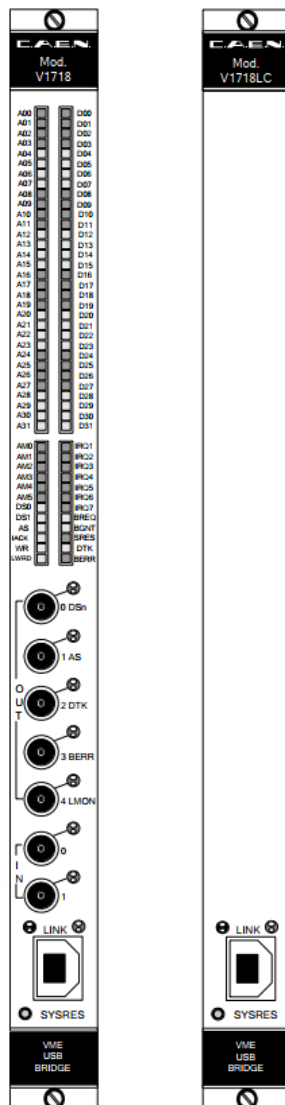


شکل ۲-۱۱: یک نمونه قفسه‌ی VME [۲۰]

۲-۲-۲ کنترل کننده^{۳۵}

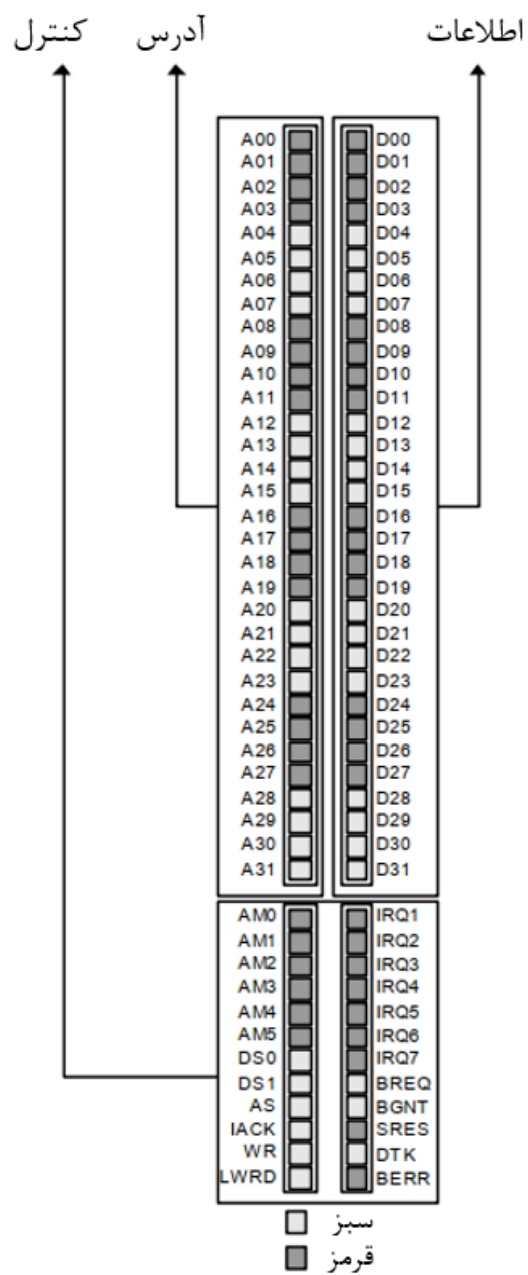
ماژول ۷۱۷۱۸ از سری ماژول‌های استاندارد VME با سایز ۶U است ($U = 1.75 \text{ inch}$) که به وسیله‌ی درگاه USB قابل اتصال به رایانه است. در مواردی که مجموعه‌ای از بردهای اصلی و فرعی فعال هستند، چنانچه این ماژول برد اصلی باشد می‌تواند نقش کنترل کننده را ایفا کند و به عبارتی اطلاعات خروجی سایر بردها را از طریق گذرگاه VME خوانده و با انتقال به رایانه در اختیار کاربر قرار دهد. صفحه‌ی جلویی و عقبی ماژول در شکل (۲-۱۲) نمایش داده شده است.

³⁵ Controller



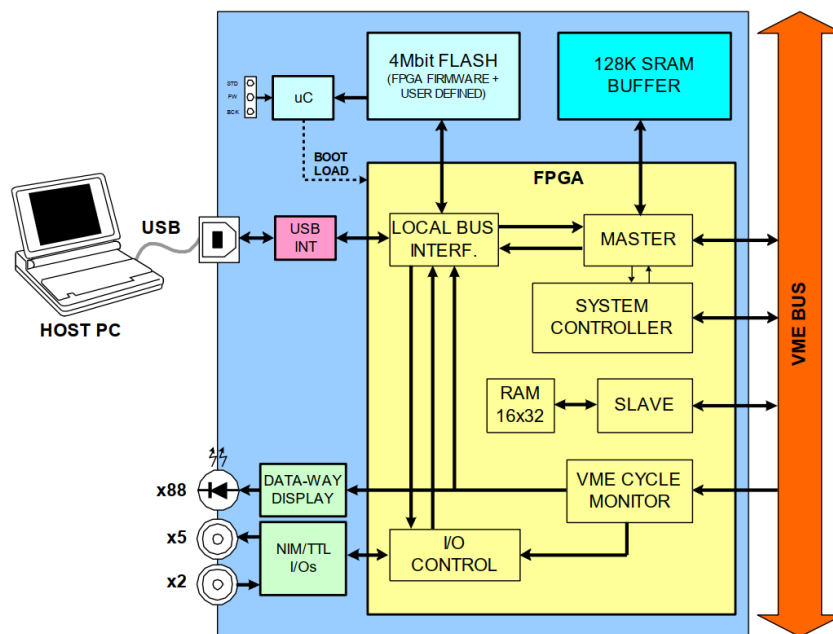
شکل ۱- ۱۲: تصویر صفحه‌ی جلویی و پشتی ماژول V1718 [۲۱]

صفحه‌ی جلویی دارای تعدادی چراغ LED برای نمایش جزئیات فعالیت گذرگاه VME، پنج کانکتور از نوع LEMO 00 برای سیگنال خروجی از نوع NIM/TTL (با امپدانس 50Ω) و دو کانکتور از نوع LEMO 00 به عنوان ورودی سیگنال از نوع NIM/TTL (با امپدانس 50Ω) می‌باشد. مفهوم روشن و یا خاموش بودن چراغ‌های روی صفحه‌ی جلویی در شکل (۲-۱۳) نمایش داده شده است.



شکل ۲-۱۳: مفهوم چراغ‌های پین جلویی ماژول V1718 [۲۱]

عملکرد ماژول به عنوان برد فرعی برای مواردی مثل تست داخلی RAM و غیره است. نمودار بلوکی ماژول در شکل (۲-۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۴: نمودار بلوکی ماژول V1718 [۲۱]

FPGA^{۳۶} در حکم هسته‌ی ماژول است. FPGA پروتکل ارتباطی USB، چراغ‌های LED و کانکتورهای ورودی و خروجی را روی صفحه‌ی جلویی مدیریت می‌کند و از طریق گذرگاه VME نقش برد اصلی را ایفا می‌کند. حافظه‌ی موقت ۱۲۸ کیلوبایتی امکان ذخیره‌ی موقت داده‌ها در طول چرخه‌های VME را می‌دهد. بنابراین آهنگ داده از سرعت USB مجزا شده و قابل انجام با حداکثر سرعت ممکن است. ماژول V1718 از تمامی روش‌های آدرس دهی و انتقال داده که در مشخصات VME64 (به جز A40 و MD32) گفته شده پشتیبانی می‌کند. به عنوان برد اصلی، ماژول RETRY را به عنوان خاتمه دهنده از گذرگاه برد فرعی قبول نمی‌کند. چرخه‌ی ADOH^{۳۷} برای اجرا کردن دستور قفل گذرگاه VME استفاده می‌شود که به رایانه‌ی میزبان اجازه‌ی قفل گذرگاه دیگر بردها را می‌دهد.

³⁶ Field Programmable Gate Array

³⁷ Address Only With Handshake

۲-۲-۲-۱ آدرس دهی ماژول

ماژول قابلیت آدرس دهی در حالت های A16، A32، A64، CR/CSR و LCK را از طریق گذرگاه VME دارد. تغییر دهنده ی آدرس از طریق USB برنامه ریزی می شود. در واقع ماژول V1718 حالت آدرس دهی را تعیین نمی کند بلکه رایانه ی میزبان حالت آدرس دهی را از طریق USB به عنوان پارامترهای چرخه به ماژول ارسال می کند. V1718 از چرخه های زیر پشتیبانی می کند :

- R/W (Single Read/Write)
- RMW (Read Modify Write)
- BLT (Block Transfer)
- MBLT (Multiplexed Block Transfer)

حالت های آدرس دهی براساس نوع چرخه نیز به صورت زیر است :

- A16, A24, A32, CR/CSR → R/W, RMW, ADO³⁸, ADOH
- A16, A24, A32 → BLT
- A16, A24, A32 → MBLT

۲-۲-۲-۲ قابلیت ایجاد وقفه^{۳۹}

درگاه USB اجازه ی ارسال دستور وقفه به رایانه را نمی دهد، بنابراین ارتباط بین رایانه و ماژول همیشه توسط رایانه آغاز می شود. دستور وقفه توسط خوانش حالت خطوط IRQ از رایانه فعال می شود و اگر یک خط فعال باشد، یک چرخه ی IACK می تواند خاتمه یابد.

³⁸ Address Only

³⁹ Interrupt

۳-۲-۲-۲ خاتمه‌ی چرخه

ماژول سیگنال BERR یا DTACK را به عنوان خاتمه دهنده می‌پذیرد. سیگنال BERR هم در صورتی که خود ماژول آن را تولید کرده باشد و هم در صورتی که توسط دیگر بردها تولید شده باشد به عنوان خاتمه دهنده چرخه قابل قبول است.

۴-۲-۲-۲ ماژول V1718 به عنوان برد فرعی

ماژول V1718 برای اهداف عیب یابی می‌تواند به عنوان برد فرعی ایفای نقش کند. ماژول با دو حالت آدرس دهی A24 و A32 در دسترس است. برای آدرس دهی فقط دو سوئیچ دوار^{۴۰} روی برد وجود دارد. بنابراین حالت آدرس دهی با سوئیچ ۳ تعیین می‌شود و به صورت زیر است:

A24 → PROG_3 = OFF

A32 → PROG_3 = ON

آدرس‌های مربوط به ماژول در جدول (۱-۲) آمده است.

جدول ۱-۲: آدرس‌های ماژول V1718 [۲۱]

خواندن/نوشتن	حالت داده	حالت آدرس دهی	ثبات/محدوده	آدرس
Read/Write	D32, BLT32, MBLT	A24/A32	Test RAM	Base + %0000÷%00FC
Read Only	D32	A24/A32	Display Address	Base + %1000
Read Only	D32	A24/A32	Display Data	Base + %1004
Read Only	D32	A24/A32	Display Control	Base + %1008

⁴⁰ Rotary Switch

زمانی که ماژول در شیار اول قفسه VME قرار بگیرد، V1718 نقش کنترلر را خواهد داشت و بنابراین

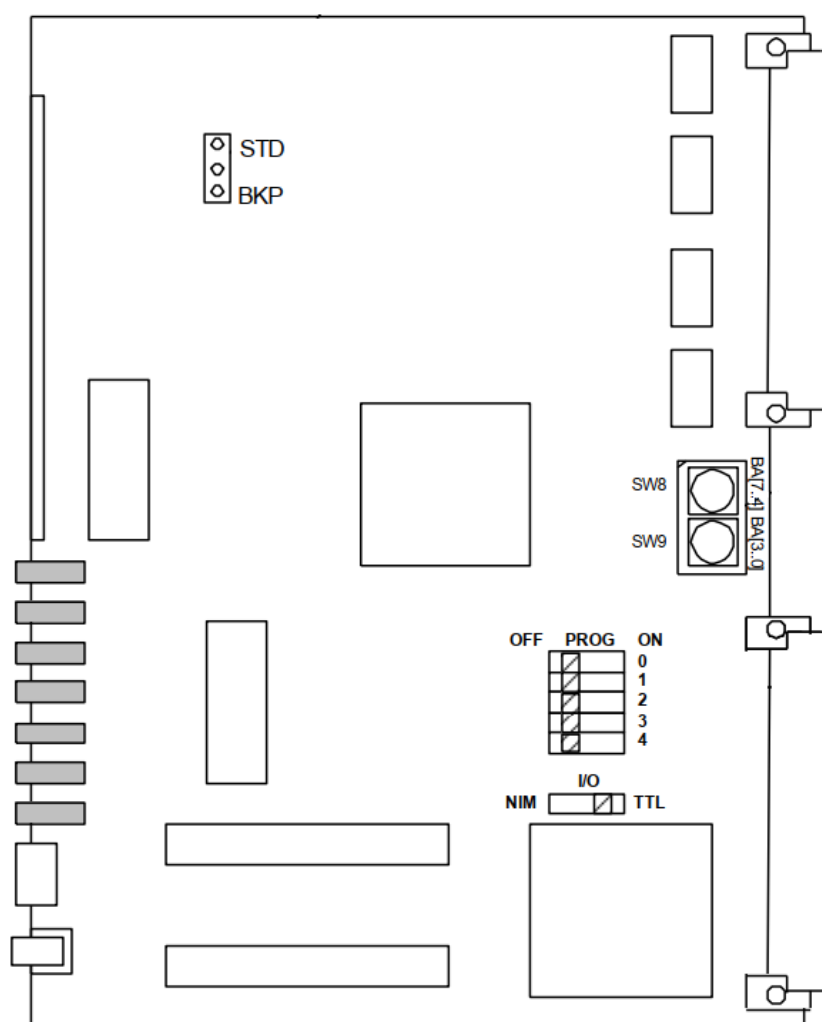
بیت مربوط به حالت کنترلر در ثبات حالت ثبت می‌شود. جدول ثبات های ماژول در جدول (۲-۲) گردآوری

شده است.

جدول ۲-۲ : ثبات‌های ماژول V1718 [۲۱]

نام	آدرس	نوع	تعداد بیت‌ها	عملکرد
STATUS	00	Read	16	Status Register
VME_CTRL	01	Read/Write	16	VME Control Register
FW_REV	02	Read Only	16	Firmware Revision
FW_DWNLD	03	Read/Write	8	Firmware Download
FL_ENA	04	Read/Write	1	Flash Enable
IRQ_STAT	05	Read Only	7	IRQ Status
IN_REG	08	Read/Write	7	Front Panel Input Register
OUT_REG_S	0A	Read/Write	11	Front Panel Outout Register Set
IN_MUX_S	0B	Read/Write	12	Input Multiplexer Set
OUT_MUX_S	0C	Read/Write	15	Output Multiplexer Set
LED_POL_S	0D	Read/Write	7	LED Polarity Set
OUT_REG_C	10	Write Only	11	Front Panel Outout Register Clear
IN_MUX_C	11	Write Only	12	Input Multiplexer Clear
OUT_MUX_C	12	Write Only	15	Output Multiplexer Clear
LED_POL_C	13	Write Only	7	LED Polarity Clear
PULSEA_0	16	Read/Write	16	Period And Width Of Pulser A
PULSEA_1	17	Read/Write	10	# Pulses And Range Of Pulser A
PULSEB_0	19	Read/Write	16	Period And Width Of Pulser B
PULSEB_1	1A	Read/Write	10	# Pulses And Range Of Pulser B
SCALER0	1C	Read/Write	11	End Count Limit And Autores Of Scaler
SCALER1	1D	Read Only	10	Counter Value Of Scaler
DISP_ADL	20	Read Only	16	Display AD [15:0]
DSIP_ADH	21	Read Only	16	Display AD [31:16]
DSP_DTL	22	Read Only	16	Display DT [15:0]
DSP_DTH	23	Read Only	16	Display DT [31:16]
DISP_PC1	24	Read Only	12	Display Control Left Bar
DISP_Pc2	25	Read Only	12	Dsisplay Control Right Bar
LM_ADL	28	Read/Write	16	Local Monitor AD[15:0]
LM_ADH	29	Read/Write	16	Local Monitor AD[31:16]
LM_C	2C	Read/Write	9	Local Monitor Controls
B_ID	36	Read	8	Status Of The 2Rotary Switches For The Board VME Base Address

تصویر (۲-۱۵) نمایی از ماژول را نمایش می‌دهد. همانطور که قبلاً گفته شد روی برد دو سوئیچ دوار (SW8, SW9) وجود دارد که زمانی که ماژول به عنوان برد فرعی قرار گیرد، به وسیله‌ی آنها آدرس پایه‌ی ماژول تعیین می‌شود. علاوه بر این می‌توان با خواندن حالت آنها از طریق ثبات آدرس 0X36 از آنها به عنوان معرفی کننده‌ی برد استفاده کرد.



شکل ۲-۱۵: نمایی از روی برد ماژول V1718 [۲۱]

✓ **PROG_0** از نوع سوئیچ DIP است. این سوئیچ ماژول را به عنوان کنترلر فعال می‌کند، صرفه نظر از اینکه در شیار اول قرار گرفته باشد.

✓ **PROG_1** از نوع سوئیچ DIP است. صرف نظر از اینکه در شیار ۱ قرار گرفته باشد، فعالیت ماژول را به عنوان کنترلر متوقف می‌کند.

✓ **PROG_2** از نوع سوئیچ DIP است. وقتی که این سوئیچ در حالت روشن باشد، Master چرخه‌های VME را بدون انتظار تصدیق درگاه از کارت، از سرگیری می‌کند. این سوئیچ فقط باید برای موارد تست استفاده شود به این دلیل که زمانی که بیشتر از یک برد اصلی در آزمایش وجود دارد، ممکن است باعث اختلال شود.

✓ **PROG_3** از نوع سوئیچ DIP است. بوسیله‌ی این سوئیچ حالت آدرس‌دهی A32 و A24 برای بردهای فرعی تنظیم می‌شود. وقتی سوئیچ در حالت روشن باشد، حالت A32 و در حالت خاموش A24 فعال می‌شود.

✓ **PROG_4** از نوع سوئیچ DIP است. بلااستفاده است.

✓ **I/O** از نوع سوئیچ DIP است. این سوئیچ امکان انتخاب نوع سیگنال‌های ورودی یا خروجی را فراهم می‌کند. اگر سوئیچ در حالت راست باشد، سیگنال از نوع TTL است. اگر در حالت چپ باشد، سیگنال از نوع NIM است [۲۱].

۲-۲-۳ دیجیتال کننده^{۴۱}

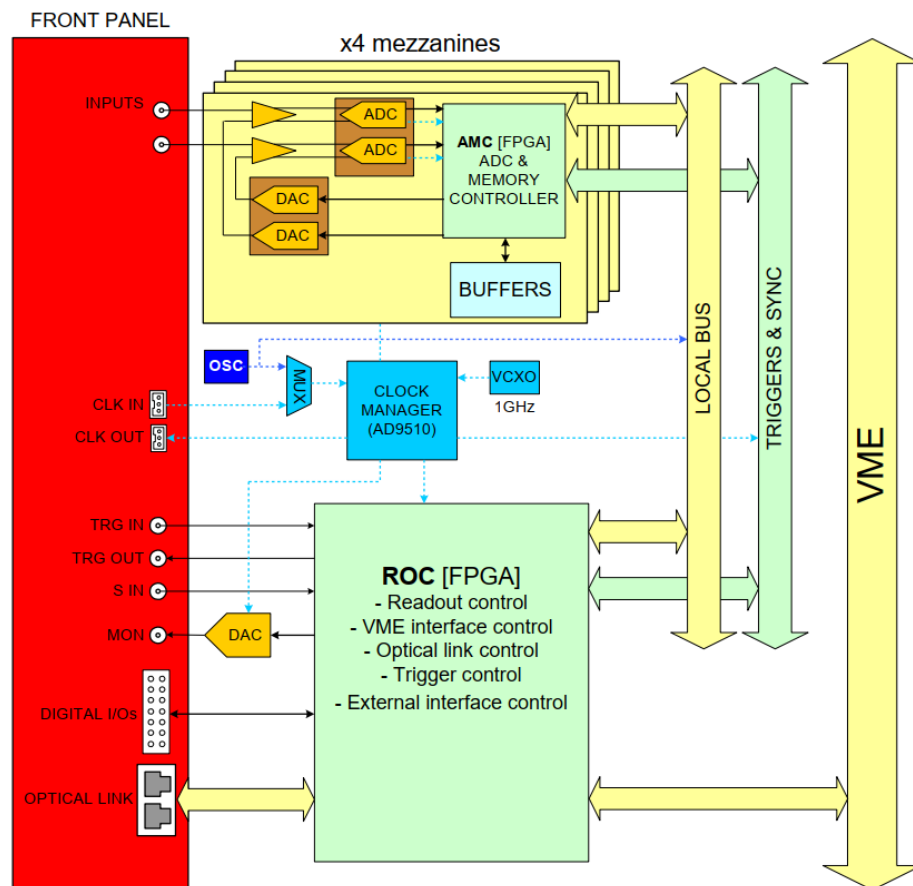
ماژول V1721 از دیگر ماژول‌های استاندارد VME با سایز ۶U است. این ماژول دارای هشت کانال ورودی و ^{۴۲}ADC هشت بیتی با نرخ نمونه‌گیری ۵۰۰ نمونه در ثانیه می‌باشد. روی صفحه‌ی جلویی ماژول پورت ورودی و خروجی ساعت مرجع تعبیه شده است. اطلاعات به صورت پیوسته در حافظه نوشته می‌شوند. وقتی که یک تریگر^{۴۳} رخ می‌دهد FPGA تا تریگر بعدی شروع به نوشتن N نمونه می‌کند، سپس نوشتن را

⁴¹ Digitizer

⁴² Amplitude To Digital Converter

⁴³ Trigger

متوقف می‌کند تا اطلاعات توسط گذرگاه VME و یا رابط نوری^{۴۴} خوانده شود. این فرایند می‌تواند بدون وقفه و زمان مرده در یک حافظه جدید ادامه یابد. در واقع هر کانال دارای یک حافظه موقت SRAM^{۴۵} با حجم قابل برنامه‌ریزی می‌باشد. ماژول V1721 قابلیت همگام‌سازی چند برد را دارد، به طوری که تمام ADC ها با یک ساعت مشترک هماهنگ باشند. پس از همگام‌سازی اطلاعات تمام بردها به صورت موازی خواهد بود. نمودار بلوکی آن در شکل (۲-۱۶) نمایش داده شده است.



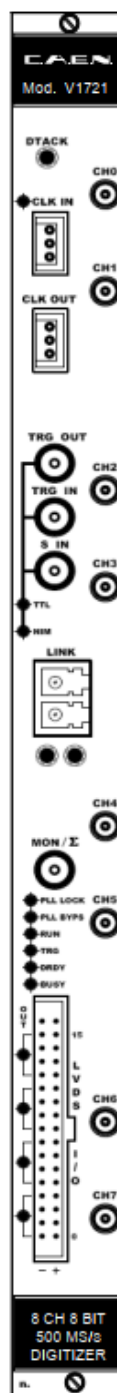
شکل ۲-۱۶: نمودار بلوکی ماژول V1721 [۲۲]

^{۴۴} Optical Link

^{۴۵} SRAM Memory Buffer

۲-۳-۱ صفحه‌ی جلویی ماژول V1721

صفحه‌ی جلویی ماژول در شکل (۲-۱۷) نمایش داده شده است.



شکل ۲-۱۷: صفحه‌ی جلویی ماژول V1721 [۲۲]

روی صفحه‌ی جلویی برد دوازده چراغ LED وجود دارد که رنگ و معنی هر یک در جدول (۳-۲) توضیح داده شده است.

جدول ۳-۲ : چراغ های صفحه‌ی جلویی ماژول V1721 [۲۲]

نام	رنگ	عملکرد
DTACK	سبز	ایجاد دسترسی نوشتاری یا خوانشی به برد
CLK_IN	سبز	فعالسازی ساعت خارجی
NIM	سبز	انتخاب استاندارد برای CLK I/O, TRG IN, TRG OUT, S IN
TTL	سبز	انتخاب استاندارد برای CLK I/O, TRG IN, TRG OUT, S IN
LINK	سبز/زرد	فعال بودن شبکه ارتباطی؛ انتقال اطلاعات
PLL_LOCK	سبز	قفل شدن PLL روی ساعت مرجع
PLL_BYPASS	سبز	ساعت مرجع مستقیماً ساعت های ADC را به پیش می برد؛ مدار PLL خاموش و چراغ LED PLL_LOCK روشن می شود
RUN	سبز	تنظیم شدن بیت RUN
RTRG	سبز	قابل قبول بودن تریگر
DRDY	سبز	آماده بودن اطلاعات در حافظه
BUSY	قرمز	پر بودن ظرفیت تمام حافظه ها
OUT_LVDS	سبز	گروه سیگنال OUT فعال است

کانکتورهای صفحه‌ی جلویی عبارتند از :

TRG OUT : خروجی فرمان محلی ($RT = 50 \Omega$, NIM/TTL)

TRG IN : ورودی فرمان خارجی ($Zin = 50 \Omega$, NIM/TTL)

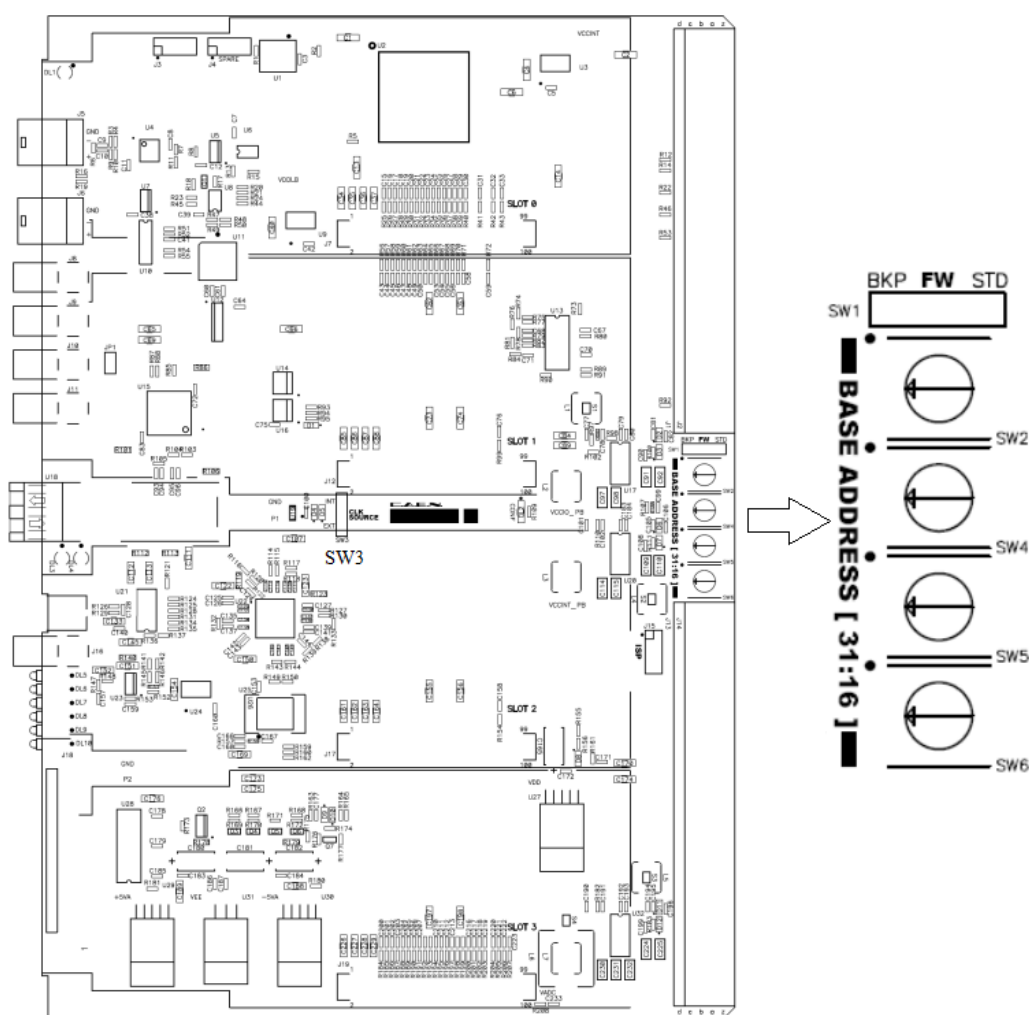
SYNC/SAMPLE/START : ورودی نمونه صفحه‌ی جلویی ($Zin = 50 \Omega$, NIM/TTL)

MON/ Σ : خروجی DAC ($1VVP$ روی $RT = 50 \Omega$)

سیگنال تریگر را می‌توان از طریق ورودی صفحه‌ی جلویی برد تامین کرد. همچنین می‌توان از قابلیت تولید تریگر داخلی استفاده نمود. در حالتی که چند برد به صورت همزمان فعال هستند می‌توان سیگنال تریگر را از طریق پورت TRG-OUT در صفحه‌ی جلویی برای تمام بردها ارسال کرد.

۲-۲-۲ مولفه‌های داخلی برد

روی برد شش سوئیچ وجود دارد که در شکل شماره (۲-۱۸) نمایش داده شده است.



شکل ۲-۱۸: نمای داخلی ماژول V1721 [۲۲]

مطابق شکل چهار سوئیچ ۲، ۴، ۵ و ۶ که از نوع سوئیچ چرخان هستند، تعیین کننده‌ی آدرس پایه‌ی^{۴۶} VME می‌باشند. سوئیچ ۳ از نوع DIP سوئیچ است و به وسیله‌ی آن داخلی یا خارجی بودن ساعت مرجع تعیین می‌شود. سوئیچ ۱ هم نوع سوئیچ ۳ است. این سوئیچ به کاربر امکان انتخاب نوع سخت افزار را می‌دهد، که می‌تواند در حالت استاندارد^{۴۷} و یا پشتیبان^{۴۸} باشد. به صورت پیش فرض این سوئیچ روی حالت استاندارد تنظیم شده است.

۲-۳-۲-۳ روش خواندن داده

خوانش داده به روش‌های گوناگون شامل انتقال تک داده^{۴۹}، انتقال بلوکی^{۵۰} و انتقال زنجیره‌ای بلوکی^{۵۱} انجام می‌شود. در حالت انتقال تک داده به ازای واحد زمان از عنوان^{۵۲} اولین رخداد در دسترس که شامل چهار کلمه است، یک کلمه^{۵۳} خوانده می‌شود. این روند برای تمامی کلمات تا انتهای رخداد ادامه می‌یابد، سپس رخداد بعدی منتقل می‌شود. در انتقال بلوکی با دسترسی به یک کانال امکان خواندن N رخداد وجود دارد، که N توسط ثبات رخدادها^{۵۴} تنظیم می‌شود. خوانش داده به روش انتقال زنجیره‌ای بلوکی براساس گذر Token از بردها انجام می‌شود. نکته‌ی مهم آنجاست که باید دقت شود که قفسه VME از این چرخه پشتیبانی کند. بردهای شرکت کننده در این زنجیره باید به عنوان اولین برد، بردهای میانی و یا آخرین برد به وسیله ثبات کنترلی^{۵۵} آدرس دهی شوند. وقتی که چرخه آغاز می‌شود اولین برد شروع به فرستادن داده می‌کند. زمانی که فرآیند ارسال داده توسط اولین برد به پایان برسد، Token توسط خطوط IACKIN-IACKOUT قفسه به برد بعدی ارسال می‌شود. این فرآیند تا ارسال داده از آخرین برد ادامه می‌یابد. با خاتمه‌ی فرآیند، سیگنال BERR ارسال می‌شود (از قبل باید فعال شده باشد). سپس برد اصلی^{۵۶} چرخه را

⁴⁶ Base Address

⁴⁷ Standard(STD)

⁴⁸ Back Up(BKP)

⁴⁹ Single Data Transfer

⁵⁰ Block Transfer

⁵¹ Chained Block Transfer

⁵² Header

⁵³ Word

⁵⁴ BLT Event Number

Register

⁵⁵ Control Register

⁵⁶ Master

خاتمه می‌دهد و بردهای فرعی^{۵۷} برای یک فرآیند جدید آماده می‌شوند. در این روش خوانش داده، اگر سائز چرخه انتقال بلوکی از سائز رخداد کوچک‌تر باشد بردی که Token را دریافت کرده منتظر آغاز یک چرخه‌ی جدید می‌ماند و درست از نقطه‌ی قبلی که فرآیند خاتمه پیدا کرده است آغاز می‌کند[۲۲].

۲-۲-۴ مبدل زمان به دیجیتال^{۵۸}

ماژول V1190A ماژول دیگری از استاندارد VME است که سائز آن ۶U می‌باشد. این ماژول دارای چهار تراشه‌ی HPTDC^{۵۹} است که هر یک ۳۲ کانال دارند. بنابراین در مجموع این ماژول دارای ۱۲۸ کانال مستقل می‌باشد. نمودار بلوکی این ماژول در شکل (۲-۱۹) نمایش داده شده است. ارتباط با تراشه‌های HPTDC و در واقع برنامه نویسی آنها از طریق میکروکنترلر^{۶۰} انجام می‌شود. بلوک FIFO، حافظه‌ی تعبیه شده روی برد است که اطلاعات در آن ذخیره می‌شود. انتقال داده و ارتباط با دیگر ماژول‌ها از طریق گذرگاه VME در پشت ماژول انجام می‌شود.

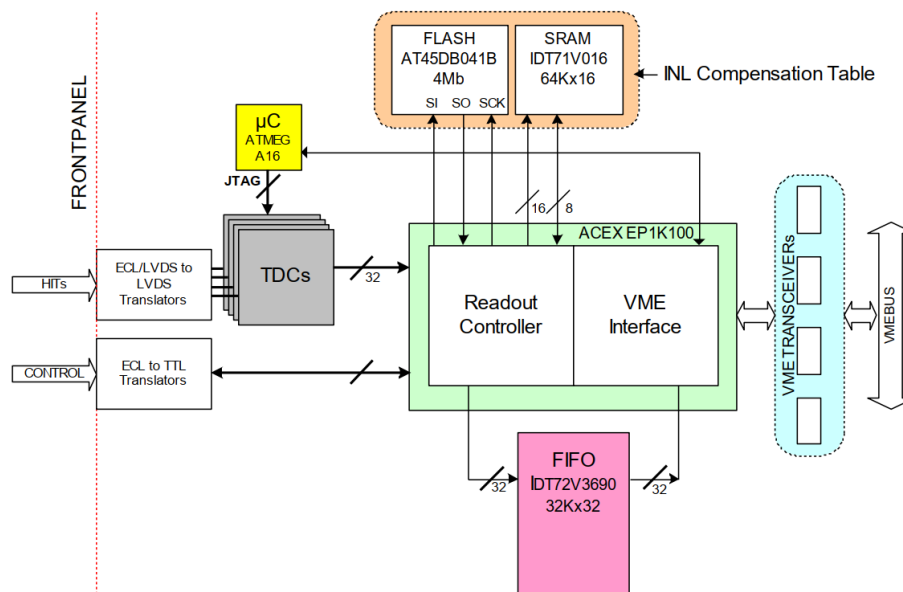
۲-۲-۴-۱ صفحه‌ی جلویی ماژول V1190A

صفحه‌ی جلویی ماژول در تصویر (۲-۲۰) نمایش داده شده است. در صفحه‌ی جلویی ماژول، درگاه ورودی رخدادها دیده می‌شود. این رخدادها باید لزوماً از نوع ECL^{۶۱} و یا LVDS^{۶۲} باشند، اما در مورد ورودی سیگنال‌های کنترلی صرفاً نوع ECL قابل قبول است.

⁵⁷ Slaves
⁵⁸ Time To Digital
Conveter(TDC)

⁵⁹ High Performance Time To
Digital Converter
⁶⁰ Microcontroller

⁶¹ Emitter Coupled Logic
⁶² Low Voltage Differential
Signal

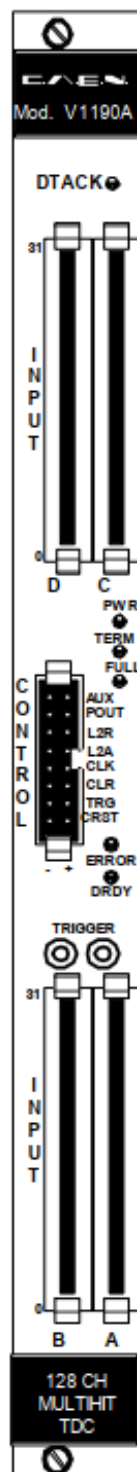


شکل ۲-۱۹: نمودار بلوکی ماژول V1190A [۲۳]

سیگنال‌های کنترلی تعریف شده برای ماژول در جدول شماره (۱-۴) شرح داده شده است.

جدول ۲-۴: سیگنال‌های کنترلی [۲۳]

نام	عملکرد
TRG	تریگر ورودی
CRST	پاک کردن Bunch Count
CLK	فعالسازی ساعت خارجی
CLR	پاک کردن اطلاعات حافظه خارجی و تنظیم مجدد TDCها



شکل ۲-۲۰: صفحه‌ی جلویی مازول V1190A [۲۳]

در قسمت جلویی ماژول شش چراغ LED وجود دارد. جزئیات رنگ و زمان روشن شدن این چراغ ها در جدول شماره (۲-۵) توصیف شده است.

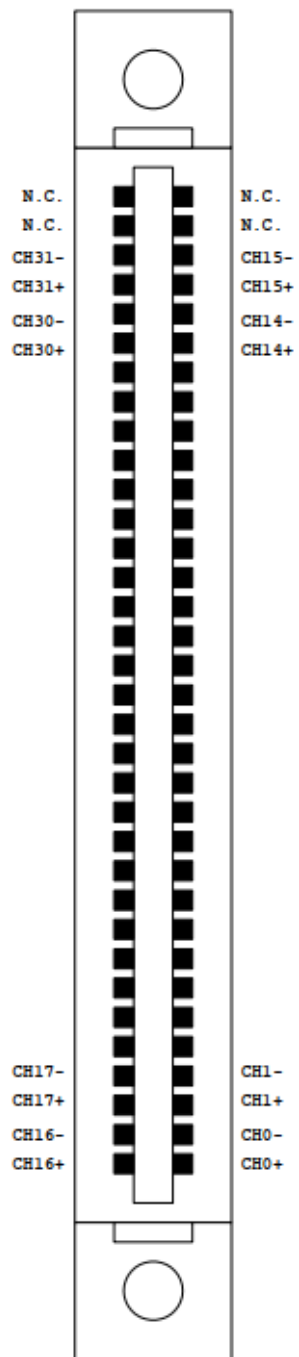
جدول ۲-۵: رنگ و عملکرد چراغ‌های پنل جلویی ماژول [۲۳]

نام	رنگ	عملکرد
DTACK	سبز	در صورت انجام عملیات خواندن و یا نوشتن در برد روشن می‌شود
PWR	سبز/قرمز	زمانی که ماژول به درستی در قفسه قرار می‌گیرد سبز می‌شود. در صورتی که قرمز باشد باید قفسه خاموش و مجددا روشن شود
TERM ON	سبز	زمانی که تمام خطوط گذرگاه کنترل وصل باشد روشن می‌شود
FULL	قرمز	زمانی که حافظه موقت پر باشد روشن می‌شود
ERROR	قرمز	زمانی که در TDC ها خطایی رخ دهد روشن می‌شود
DRDY	زرد	زمانی که حداقل یک رخداد در حافظه موقت وجود داشته باشد روشن می‌شود

همانطور که در تصویر دیده می‌شود چهار درگاه ورودی روی ماژول وجود دارد که هر کدام ۳۲ کانال دارند که در مجموع ۱۲۸ کانال خواهیم داشت. ترتیب کانال ها براساس کانکتور به صورت زیر است:

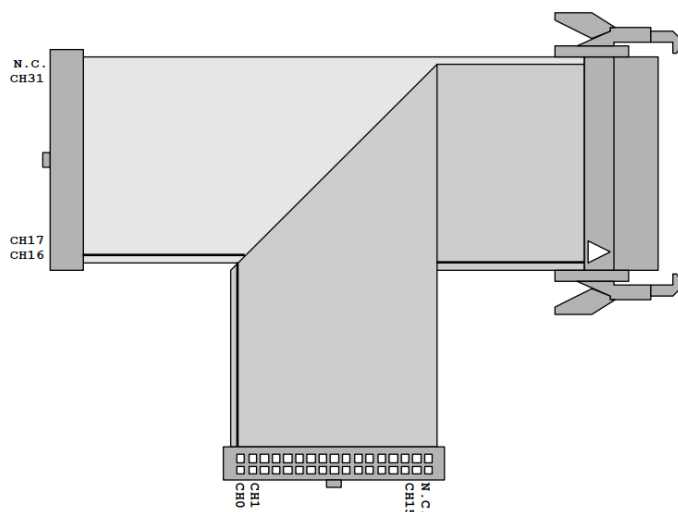
- ✓ کانکتور A مربوط به کانال ۰ تا ۳۱
- ✓ کانکتور B مربوط به کانال ۳۲ تا ۶۳
- ✓ کانکتور C مربوط به کانال ۶۴ تا ۹۵
- ✓ کانکتور D مربوط به کانال ۹۶ تا ۱۲۷

روی صفحه‌ی جلویی دو درگاه برای اعمال تریگر خارجی وجود دارد که از نوع LEMO می‌باشد. به طور مثال پین‌های مثبت و منفی کانکتور A در تصویر (۲-۲۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱- ۲۱: پین‌های مثبت و منفی کانکتور A در ماژول V1190A [۲۳]

کابل کانکتور ورودی صفحه‌ی جلویی در تصویر (۲-۲۲) نمایش داده شده است.



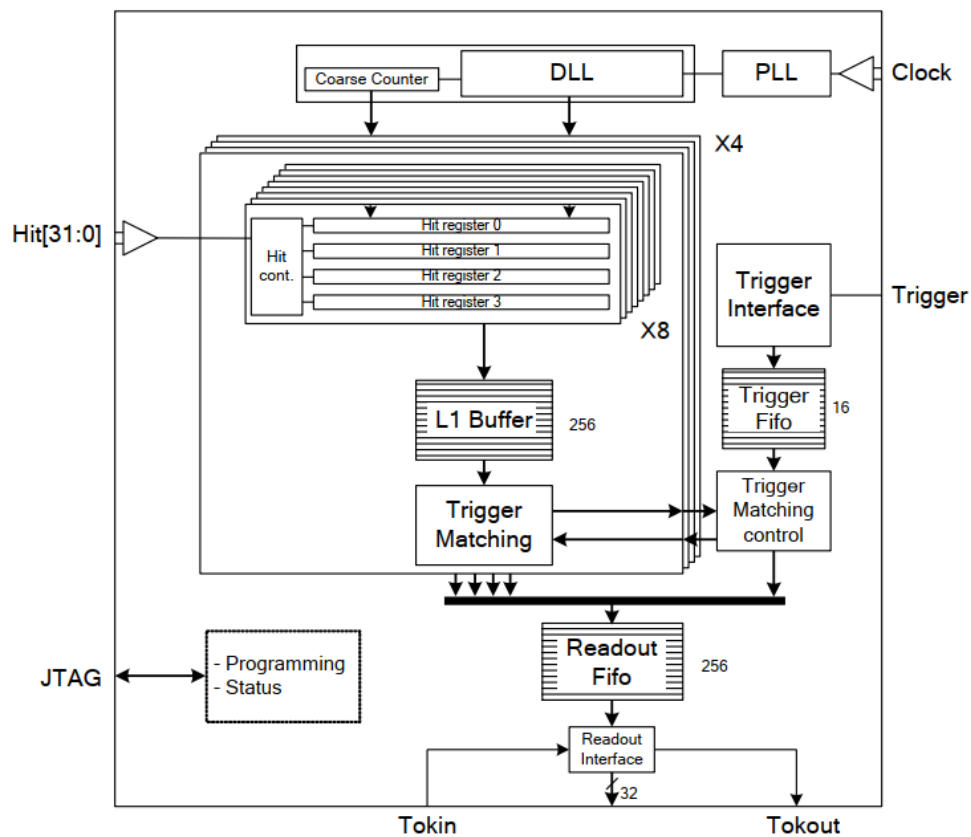
شکل ۲-۲۲: کابل کانکتور ورودی صفحه‌ی جلویی ماژول V1190A [۲۳]

۲-۴-۲-۲ تراشه‌ی TDC

نمودار بلوکی تراشه TDC در تصویر (۲-۲۳) نمایش داده شده است. زمان مرجع در اندازه‌گیری زمانی TDC به وسیله‌ی ^{۶۳}DLL با ۳۲ عنصر تاخیر و یک ساعت شمارش‌گر همزمان تعیین می‌شود که هر دو توسط یک ساعت مرجع ایجاد می‌شوند. ساعت مرجع می‌تواند مستقیماً از ساعت ورودی تراشه‌ی TDC (۴۰MHz) و یا از PLL^{۶۴} گرفته شود.

⁶³ Delay Locked Loop

⁶⁴ Phase Locked Loop



شکل ۲-۲۳: نمودار بلوکی تراشه‌ی TDC [۲۳]

PLL می‌تواند به عنوان فیلتری برای حذف لغزش^{۶۵} ساعت ورودی باشد. همچنین می‌توان از آن برای

بالا بردن فرکانس ساعت به منظور افزایش دقت زمانی استفاده کرد. این ارتباط به صورت زیر است:

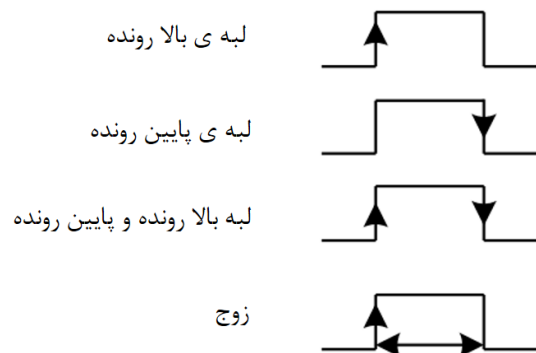
$$40 \text{ MHz (DLL)} \rightarrow 781 \text{ ps } (\sim 800 \text{ ps})$$

$$160 \text{ MHz} \rightarrow 195 \text{ ps } (\sim 200 \text{ ps})$$

$$320 \text{ MHz} \rightarrow 98 \text{ ps } (\sim 100 \text{ ps})$$

⁶⁵ Jitter

زمانی که یک رخداد ظاهر می‌شود اندازه‌گیری آن با ذخیره‌ی حالت DLL و Coarse Counter در ثبات رخداد^{۶۶} انجام می‌شود. برای ثبت یک رخداد می‌توان TDC را در حالت‌های زیر تنظیم کرد :



شکل ۲-۲۴ : حالت‌های ثبت یک رخداد در ماژول V1190A [۲۳]

داده‌گیری از این ماژول در دو حالت رخدادی^{۶۷} یا حالت حافظه‌ی پیوسته^{۶۸} امکان پذیر است. در حالت رخدادی امکان تنظیم پنجره برای ثبت رخدادها وجود دارد. خوانش موازی داده در V1190A می‌تواند در یک زنجیره انجام شود که در آن یکی از TDC ها به عنوان برد اصلی و بقیه به عنوان برد فرعی ایفای نقش کنند. به این صورت که برد اصلی ، Token را به اولین برد فرعی می‌فرستد و تراشه شروع به ارسال داده می‌کند و سپس Token را به تراشه‌ی بعدی می‌فرستد و این چرخه به همین ترتیب ادامه می‌یابد تا در نهایت به برد اصلی می‌رسد. در حالت حافظه‌ی پیوسته، تراشه‌ی برد فرعی می‌تواند طوری برنامه‌نویسی شود که تا زمانی که دیگر داده‌ای وجود نداشته باشد Token را نگه دارد و در غیراینصورت، آن را به عضو بعدی بفرستد. در حالت رخدادی هر تراشه باید طوری برنامه‌نویسی شود که تا زمان پایان یافتن رخداد Token را نگه دارد.

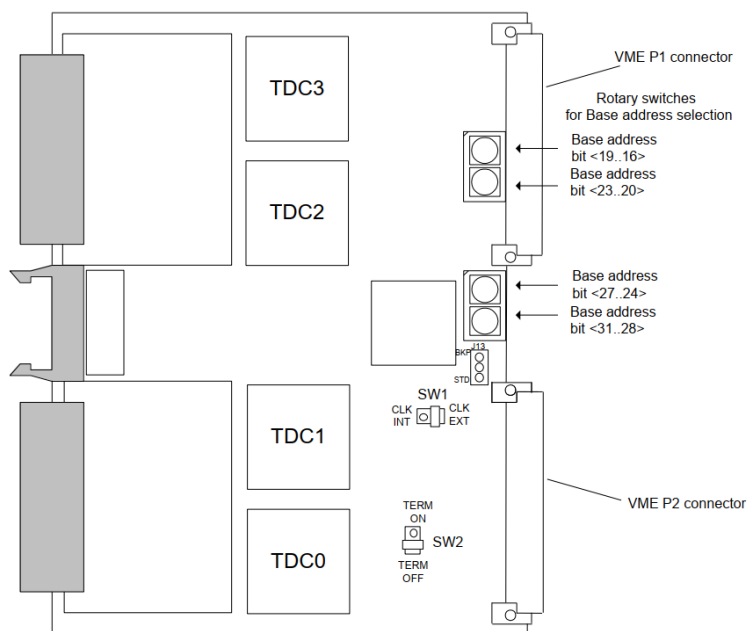
⁶⁶ Hit Register

⁶⁷ Trigger Matching Mode

⁶⁸ Continuous Storage Mode

۲-۴-۲-۲ مولفه‌های داخلی برد

شکل (۲-۲۵) نمایی از ماژول V1190A است. همانطور که در تصویر دیده می‌شود روی ماژول چهار سوئیچ چرخان وجود دارد که به وسیله‌ی آنها آدرس پایه‌ی برد تعیین می‌شود که بعدها با استفاده از این آدرس، کنترلر با ماژول ارتباط برقرار می‌کند.



شکل ۲-۲۵: نمای داخلی ماژول V1190A [۲۳]

علاوه بر این چهار سوئیچ، دو سوئیچ دیگر نیز در تصویر دیده می‌شود. شرح عملکرد این دو عبارت است از:

- ✓ SW1: از نوع سوئیچ DIP می‌باشد. به وسیله‌ی آن می‌توان فعال‌سازی ساعت داخلی یا خارجی را تعیین کرد. اگر در وضعیت راست باشد (یعنی دات قابل رویت باشد) ساعت خارجی فعال است و اگر در حالت چپ باشد (یعنی دات قابل رویت نباشد) ساعت داخلی فعال است.

✓ SW2 : از نوع سوئیچ DIP می‌باشد. به وسیله‌ی آن خروجی گذرگاه کنترل، روی 110Ω تنظیم می‌شود. اگر در حالت راست باشد (یعنی دات قابل رویت باشد) گذرگاه کنترل، روی 110Ω است و اگر در حالت چپ باشد (یعنی دات قابل رویت نباشد) اینطور نیست.

۴-۴-۲-۲ آدرس‌دهی به ماژول

آدرس‌دهی به ماژول به دو طریق قابل انجام است. اول از طریق آدرس پایه و دوم از طریق Multicast یا Chain Block Transfer. ماژول می‌تواند در حالت A24/A32 کار کند. این به این معنی است که آدرس‌ها باید ۲۴ و یا ۳۲ بیتی باشند. در حالت اول آدرس‌ها به صورت زیر هستند:

جدول ۴-۲: آدرس‌های شناخته شده توسط ماژول V1190A در حالت آدرس‌دهی با آدرس پایه [۲۳]

آدرس	توضیحات
0X3F	A24 supervisory block transfer
0X3E	A24 supervisory program access
0X3D	A24 supervisory data access
0X3C	A24 supervisory 64 bit block transfer
0X3B	A24 non privileged block transfer
0X3A	A24 non privileged program access
0X39	A24 non privileged user data access
0X38	A24 non privileged 64 bit block transfer
0X0F	A32 supervisory block transfer
0X0E	A32 supervisory program access
0X0D	A32 supervisory data access
0X0C	A32 supervisory 64 bit block transfer
0X0B	A32 non privileged block transfer
0X0A	A32 non privileged program access
0X09	A32 non privileged data access
0X08	A32 non privileged 64 bit block transfer

آدرس پایه می‌تواند در بازه‌ی زیر تغییر کند:

0x000000 ← → 0xFF0000 A24

0x00000000 ← → 0xFFFF0000 A32

در حالت MCST/CBLT ماژول فقط در حالت A32 کار می‌کند. در این حالت آدرس‌ها به صورت جدول

(۷-۲) هستند:

جدول ۷-۲: آدرس‌های شناخته شده توسط ماژول V1190A در حالت آدرس‌دهی با MCST/CBLT [۲۳]

توضیحات	آدرس	حالت
A32 supervisory block transfer	0X0E	MCST
A32 supervisory 64 bit block transfer	0X0D	
A32 non privileged block transfer	0X0A	
A32 non privileged 64 bit block transfer	0X09	
A32 supervisory block transfer	0X0F	CBLT
A32 supervisory 64 bit block transfer	0X0C	
A32 non privileged block transfer	0X0B	
A32 non privileged 64 bit block transfer	0X08	

۵-۴-۲-۲ پاک کردن و تنظیم مجدد

انواع مختلفی از عملیات پاک کردن^{۶۹} و تنظیم مجدد^{۷۰} وجود دارد که به شرح زیر است:

- پاک‌سازی نرم‌افزاری
- پاک‌سازی سخت‌افزاری
- تنظیم مجدد نرم‌افزاری
- تنظیم مجدد سخت‌افزاری
- پاک‌سازی نرم‌افزاری تعداد رخدادها
- پاک‌سازی سخت‌افزاری تعداد bunch ها

صدور دستور پاک کردن به روش‌های زیر امکان پذیر است:

- ✓ پاک‌سازی نرم‌افزاری ثبات
- ✓ ایجاد دسترسی نوشتاری به بعضی از ثبات‌ها
- ✓ فرستادن پالس به ورودی CLR صفحه‌ی جلویی
- ✓ اجرای OPCODE^{۷۱} مربوط به برنامه ریزی مجدد TDC ها

جدول شماره (۲-۸) انواع عملیات پاک کردن را به همراه آدرس برای ثبات‌های مختلف نشان می‌دهد.

⁶⁹ Clear

⁷⁰ Reset

⁷¹ Operation Code

جدول ۸-۲ : انواع عملیات پاک‌سازی به همراه آدرس برای ثبت‌های مختلف [۲۳]

آدرس	تنظیم مجدد سخت افزاری	تنظیم مجدد نرم افزاری	پاک سازی	ثبت
0X00000X0FFC	*	*	*	Output Buffer
0X1000	*	*		Control Register
0X1002				Status Register
0X00A	*			Interrupt Level
0X00C	*			Interrupt Vector
0X00E	*			GEO Address
0X1010	*			MCST Base Address
0X1012	*			MCST/CBLT Ctrl
0X1014				Module Reset
0X1016				Software Reset
0X1018				Software Event Reset
0X101A				Software Trigger
0X101C	*	*	*	Event Counter
0X1020	*	*	*	Event Stored
0X1022	*	*		Almost Full Level
0X1024	*	*		BLT Event Number
0X1026				Firmware Revision
0X1028	*	*		Testreg
0X102C	*	*		Out Prog Control
0X102E				Micro
0X1030				Micro Handshake
0X1032	*			Sel Flash
0X1034				Flash
0X1036	*	*		Compensation SRAM Page
0X1038	*	*	*	Event FIFO
0X103C	*	*	*	Event FIFO Stored
0X103E				Event FIFO Status
0X1200	*	*		Dummy 16
0X1204	*	*		Dummy 32

۶-۴-۲-۲ روتین‌های اجرایی

برنامه‌ریزی ماژول به وسیله‌ی میکروکنترلر انجام می‌شود. کاربر دستورات مد نظر را در قالب OPCODE

به میکروکنترلر ارسال می‌کند. این OPCODE ها در جداول زیر آورده شده‌اند.

جدول ۹-۲ : کدهای مربوط به اخذ داده [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
ACQUISITION MODE								
0	-	00xx	TRG_MATCH	set trigger matching	-	-	-	s
1	-	01xx	CONT_STOR	continuous	-	-	-	s
2	-	02xx	READ_ACQ_MOD	read acquisition mode	-	1	1	-
3	-	03xx	SET_KEEP_TOKEN	set keep_token	-	-	-	s
4	-	04xx	CLEAR_KEEP_TOKEN	clear keep token	-	-	-	s
5	-	05xx	LOAD_DEF_CONFIG	load default configuration	-	-	-	s
6	-	06xx	SAVE_USER_CONFIG	save User configuration	-	-	-	-
7	-	07xx	LOAD_USER_CONFIG	load User configuration	-	-	-	s
8	-	08xx	AUTOLOAD_USER_CONFIG	set auto load User configuration	-	-	-	-
9	-	09xx	AUTOLOAD_DEF_CONFIG	set auto load default configuration	-	-	-	-

جدول ۱۰-۲: کدهای مربوط به تریگر [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
TRIGGER								
10	-	10xx	SET_WIN_WIDTH	set window width	1	-	12	s
11	-	11xx	SET_WIN_OFFS	set window offset	1	-	12	s
12	-	12xx	SET_SW_MARGIN	set extra search margin	1	-	12	s
13	-	13xx	SET_REJ_MARGIN	set reject margin	1	-	12	s
14	-	14xx	EN_SUB_TRG	enable subtraction of trigger time	-	-	-	s
15	-	15xx	DIS_SUB_TRG	disable subtraction of trigger time	-	-	-	s
16	-	16xx	READ_TRG_CONF	read trigger configuration	-	5	49	-

جدول ۱۱-۲: کدهای مربوط به حالت ثبت رخدادها و دقت زمانی [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
TDC EDGE DETECTION & RESOLUTION								
22	-	22xx	SET DETECTION	enable paired meas. leading/ trailing edge	1	-	2	s
23	-	23xx	READ_DETECTION	read edge detection configuration	-	1	2	-
25	-	25xx	SET_TR_LEAD_LSB	set LSB of leading/trailing edge	1	-	2	s
26	-	26xx	SET_PAIR_RES	set leading time and width res. when pair	1	-	16	s
27	-	27xx	READ_RES	read resolution	-	1	16	-
28	-	28xx	SET_DEAD_TIME	set channel dead time between hits	1	-	2	s
29	-	29xx	READ_DEAD_TIME	read channel dead time between hits	-	1	2	-

جدول ۲-۱۲: کدهای مربوط به خوانش داده [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
TDC READOUT								
30	-	30xx	EN_HEAD_TRAILER	enable TDC header and TRAILER	-	-	-	s
31	-	31xx	DIS_HEAD_TRAILER	disable TDC header and TRAILER	-	-	-	s
32	-	32xx	READ_HEAD_TRAILER	read status TDC header and TRAILER	-	1	1	-
33	-	33xx	SET_EVENT_SIZE	set maximum number of hits per event	1	-	-	s
34	-	34xx	READ_EVENT_SIZE	read maximum number of hits per event	-	1	1	-
35	-	35xx	EN_ERROR_MARK	enable TDC error mark	-	-	-	s
36	-	36xx	DIS_ERROR_MARK	disable TDC error mark	-	-	-	s

جدول ۲-۱۳: کدهای مربوط به فعال‌سازی کانال‌ها [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
CHANNEL ENABLE								
40	nn	40nn	EN_CHANNEL	enable channel nn	-	-	-	c
41	nn	41nn	DIS_CHANNEL	disable channel nn	-	-	-	c
42	-	42xx	EN_ALL_CH	enable all channels	-	-	-	c
43	-	43xx	DIS_ALL_CH	disable all channels	-	-	-	c
44	-	44xx	WRITE_EN_PATTERN	write enable pattern for channels	8	-	128	c
45	-	45xx	READ_EN_PATTERN	read enable pattern for channels	-	8	128	-
46	-	46xx	WRITE_EN_PATTERN32	write 32 bit enable pattern for channels	2	-	32	c

جدول ۲-۱۴: کدهای مربوط به تنظیمات خاص [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
ADJUST								
50	-	50xx	SET_GLOB_OFFS	set global offset	2	-	17	s
51	-	51xx	READ_GLOB_OFFS	read global offset	-	2	17	-
52	nn	52nn	SET_ADJUST_CH	set channel nn adjust	1	-	8	s
53	nn	53nn	READ_ADJUST_CH	read channel nn adjust	-	1	8	-
54	-	54xn	SET_RC_ADJ	Set RC adjust of TDC 0n	1	-	12	s
55	-	55xn	READ_RC_ADJ	Read RC adjust of TDC 0n	-	1	12	-
56	-	56xn	SAVE_RC_ADJ	save RC adjust on EEPROM	-	-	-	-

جدول ۲-۱۵: کدهای متفرقه و پیشرفته [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
MISCELLANEOUS								
60	0n	600n	READ_TDC_ID	read programmed ID of TDC 0n	-	2	32	-
61	-	61xx	READ_MICRO_REV	read firmware revision of microcontroller	-	1	8	-
62	-	62xx	RESET_DLL_PLL	reset DLL and PLL	-	-	-	s/c
ADVANCED								
70	nn	70nn	WRITE_SETUP_REG	write word nn into the scan path setup	1	-	16	-
71	nn	71nn	READ_SETUP_REG	read word nn into the scan path setup	-	1	16	-
72	-	72xx	UPDATE_SETUP_REG	load the scan path setup	-	-	-	s

جدول ۲-۱۶: کدهای مربوط به عیب‌یابی و تست [۲۳]

COM	OBJ	CODE	SYMBOLIC	OPERATION	nW	nR	nbit	PR
DEBUG AND TEST								
C0	-	C0XX	Write EEPROM	write 1 byte into the EEPROM	2	-	16	-
C1	-	C1XX	Read EEPROM	read 1 byte from the EEPROM	1	1	8+8	-
C2	-	C2XX	Revision/Date μcontroller fw	read the μcontroller firmware revision/date	-	4	64	-
C3	-	C3XX	Write Spare	write a 16 bit spare variable	1	-	16	-
C4	-	C4XX	Read Spare	read a 16 bit spare variable	-	1	16	-
C5	-	C5XX	Enable Test Mode	enable TDC test mode	2	-	24	s
C6	-	C6XX	Disable Test Mode	disable TDC test mode	-	-	-	s

آدرس ثبات‌های ماژول V1190A در جدول (۲-۱۷) آورده شده است [۲۳].

جدول ۲-۱۷: آدرس ثبات‌های ماژول V1190A [۲۳]

آدرس	ثبات	مد آدرس دهی	مد دیتا	نوشتن/خواندن
Base + %0000÷%0FFC	Output Buffer	A24/A32	D32	Read Only
Base + %1000	Control Register	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1002	Status Register	A24/A32	D16	Read Only
Base + %100A	Interrupt Level	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %100C	Interrupt Vector	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %100E	GEO Address Register	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1010	MCST Base Address	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1012	MCST Control	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1014	Module Reset	A24/A32	D16	Write Only
Base + %1016	Software Clear	A24/A32	D16	Write Only
Base + %1018	Software Event Reset	A24/A32	D16	Write Only
Base + %101A	Software Trigger	A24/A32	D16	Write Only
Base + %101C	Event Counter	A24/A32	D32	Read Only
Base + %1020	Event Stored	A24/A32	D16	Read Only
Base + %1022	Almost Full Level	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1024	BLT Event Number	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1026	Firmware Revision	A24/A32	D16	Read Only
Base + %1028	Testreg	A24/A32	D32	Read/Write
Base + %102C	Output Prog Control	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %102E	Micro	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1030	Micro Handshake	A24/A32	D16	Read Only
Base + %1032	Select Flash	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1034	Flash Memory	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1036	Sram Page	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %1038	Event FIFO	A24/A32	D32	Read Only
Base + %103C	Event FIFO Stored	A24/A32	D16	Read Only
Base + %103E	Event FIFO Status	A24/A32	D16	Read Only
Base + %1200	Dummy32	A24/A32	D32	Read/Write
Base + %1204	Dummy16	A24/A32	D16	Read/Write
Base + %4000÷%41FE	Configuration ROM	A24/A32	D16	Read Only
Base + %8000÷%81FE	Compensation SRAM	A24/A32	D16	Read Only

فصل سوم :

مبانی و روش‌ها

۳-۱ آشکارسازهای گازی

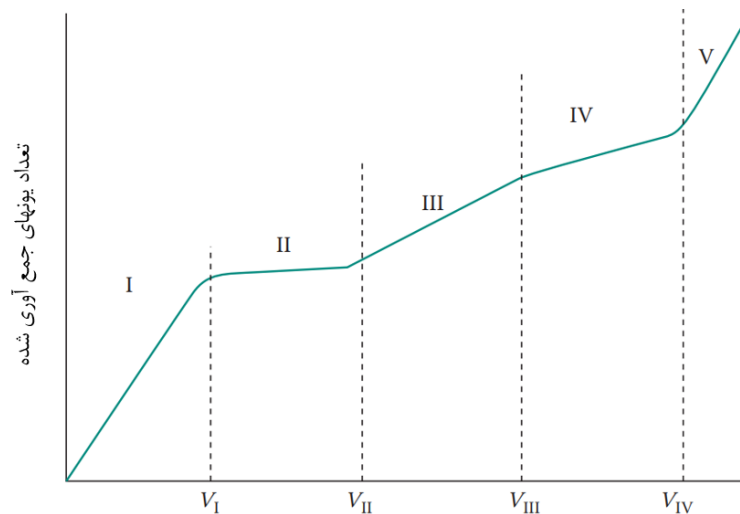
آشکارسازهای گازی بر مبنای یونش ناشی از عبور تابش از گاز آشکارساز عمل می‌کنند. این آشکارسازها شامل دو الکتروود هستند که بین آنها پتانسیل الکتریکی اعمال شده است. فضای بین الکتروودها با گاز پر می‌شود. تابش یون ساز در عبور از فضای بین دو الکتروود تمام یا قسمتی از انرژی خود را با تولید زوج‌های الکترون-یون از دست می‌دهد. الکترون و یون‌های تولید شده در اثر میدان الکتریکی به حرکت در می‌آیند. این حرکت جریانی در الکتروودها ایجاد می‌کند که قابل اندازه‌گیری است. همچنین با استفاده از الکترونیک مناسب می‌توان بار تولید شده ناشی از تابش را به یک پالس تبدیل کرد و بنابراین امکان شمارش ذرات وجود خواهد داشت. برای بیشتر گازها میانگین انرژی لازم برای تولید یک زوج الکترون-یون در حدود ۳۰ الکترون ولت است. جدول (۳-۱) اطلاعات مربوط به یونش در گازهای مختلف را بیان می‌کند.

جدول ۳-۱ : انرژی لازم برای تولید یک زوج الکترون-یون در گازهای رایج [۱۳]

TABLE 5.1	
Average Energy Needed for Production of One Electron-Ion Pair	
Gas	Energy per Pair (eV)
H	36.3
He	42.3
A	26.4
Air	34
CO ₂	32.9
C ₂ H ₆ (ethane)	24.8
CH ₄	27.3

۳-۱-۱ رابطه‌ی بین ولتاژ و بار جمع‌آوری شده

رابطه‌ی بین ولتاژ اعمالی و بار جمع‌آوری شده در شکل (۳-۱) نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱: رابطه‌ی بین ولتاژ اعمال شده و بار جمع‌آوری شده [۱۳]

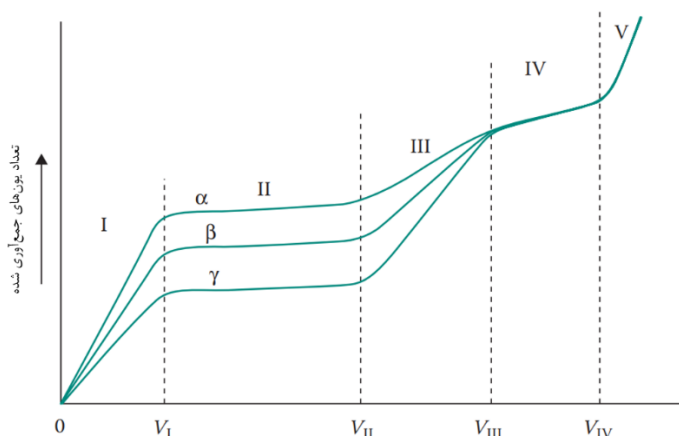
در ناحیه یک ولتاژ کم است در نتیجه میدان الکتریکی حاصل ضعیف خواهد بود بنابراین الکترون‌ها و یون‌ها با سرعت کمی حرکت خواهند کرد. این مساله باعث می‌شود که تعداد قابل توجهی از آنها باز ترکیب شوند. با افزایش مقدار ولتاژ، میدان قوی تر خواهد شد و لذا نرخ باز ترکیب کاهش پیدا می‌کند. روند کاهش نرخ باز ترکیب با افزایش ولتاژ کاهش می‌یابد تا جایی که وقتی ولتاژ برابر V_I شود باز ترکیب به صفر می‌رسد و لذا تمام بار جمع‌آوری خواهد شد. ناحیه‌ی یک، ناحیه‌ی باز ترکیب نام دارد.

در ناحیه‌ی دو میدان الکتریکی مانع باز ترکیب الکترون‌ها و یون‌ها می‌شود اما از طرفی میدان آن اندازه قوی نیست که الکترون‌ها در طی برخوردها انرژی لازم برای تولید زوج الکترون-یون جدید بدست آورند بنابراین تمام بار ایجاد شده جمع‌آوری می‌شود و لذا تقریباً ثابت خواهد بود. ناحیه‌ی دو، یونش نام دارد.

در ناحیه‌ی سه افزایش ولتاژ باعث می‌شود که الکترون‌ها در بین برخوردها انرژی لازم برای ایجاد زوج الکترون-یون ثانویه را بدست آورند و بنابراین بار جمع‌آوری شده افزایش پیدا می‌کند. پالس خروجی متناسب با یونش اولیه است در نتیجه ارتفاع پالس خروجی متناسب با انرژی برجای گذاشته شده در آشکارساز است. بنابراین امکان اندازه‌گیری انرژی آن وجود دارد. ناحیه‌ی سه، ناحیه‌ی تناسبی نام دارد.

در ناحیه‌ی چهار ولتاژ به قدری بالاست که یک تک یونش باعث ایجاد بهمنی از الکترون- یون می‌شود در نتیجه یک سیگنال قوی در خروجی خواهیم داشت که مستقل از یونش اولیه است. سیگنال خروجی مستقل از نوع ذره است و صرفاً قادر به شمارش ذرات خواهیم بود. این ناحیه، ناحیه‌ی گایگر-مولر نام دارد. اگر ولتاژ از ناحیه چهار فراتر رود در گاز تخلیه‌ی پیوسته اتفاق می‌افتد و دیگر یک آشکارساز ذرات نخواهیم داشت.

در تمام نواحی مشخص شده امکان تشخیص نوع ذره وجود ندارد. مطابق آنچه که در شکل (۲-۳) نمایش داده شده، در ناحیه یونش و تناسبی قادر به تشخیص نوع ذره خواهیم بود. آنچه که امکان تشخیص نوع ذره را به ما می‌دهد، تعداد زوج الکترون-یون تولید شده است. واضح است که ذرات باردار هنگام ورود به یک فضای مادی قطعاً با محیط اندرکنش می‌کنند و بسته به نوع و انرژی آنها و ضخامت از ماده که از آن عبور می‌کنند ممکن است در محیط کاملاً متوقف شود. برای تابش‌های بدون بار همواره احتمال غیر صفری برای عدم اندرکنش با ماده وجود دارد و حتی در صورت اندرکنش غالباً در محیط متوقف نمی‌شوند و این به آن معنی است که تمام انرژی خود را در محیط برجای نمی‌گذارند. لذا در یک انرژی مشخص بیشترین میزان یونش تولید شده به ترتیب متعلق به ذره‌ی آلفا، بتا و در نهایت گاما است.



شکل ۲-۳: یونش تولید شده توسط تابش‌های مختلف در نواحی پنج‌گانه [۱۳]

۲-۳ انواع آشکارسازهای گازی

آشکارسازهای گازی می‌توانند هندسه‌های متفاوتی مثل صفحات موازی، هندسه استوانه‌ای و یا کروی داشته باشند. در هندسه صفحات موازی میدان الکتریکی یکنواخت و به صورت رابطه (۱-۳) است.

$$E = \frac{V_0}{d} \quad (1-3)$$

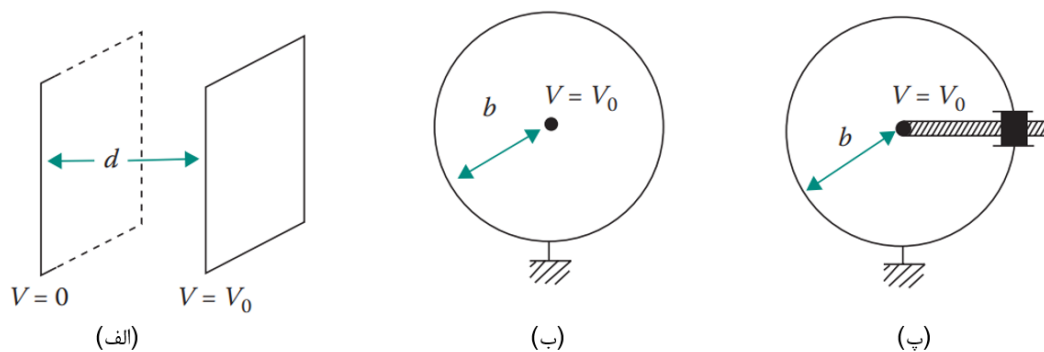
در حالت استوانه‌ای ولتاژ به یک سیم باریک با قطر چند میلی‌متر، که به صورت محوری و در مرکز استوانه قرار دارد، اعمال می‌شود. دیواره‌ی استوانه معمولاً زمین می‌شود. در این حالت میدان از رابطه (۲-۳) تبعیت می‌کند.

$$E(r) = \frac{V_0}{\ln(a/b)} \frac{1}{r} \quad (2-3)$$

که در آن a شعاع سیم مرکزی، b شعاع آشکارساز و r فاصله از مرکز آشکارساز است. در هندسه‌ی کروی ولتاژ به یک کره‌ی کوچک که در مرکز آشکارساز قرار دارد اعمال می‌شود و مثل حالت استوانه‌ای، دیواره‌ی کره معمولاً به زمین متصل می‌شود. در چنین حالتی میدان الکتریکی به صورت رابطه (۳-۳) خواهد بود.

$$E(r) = V_0 \frac{ab}{b - ar^2} \quad (3-3)$$

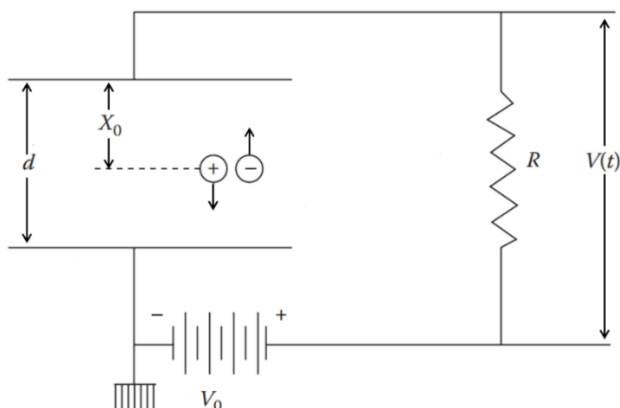
مشابه حالت استوانه‌ای در اینجا a شعاع کره‌ی داخلی و b شعاع آشکارساز است. در هندسه‌ی کروی قادر به ایجاد میدان الکتریکی قوی هستیم اما فرآیند ساخت هندسه کروی دشوار است به این دلیل که کوچکترین عدم تقارنی منجر به تغییر در میدان خواهد شد. شکل (۳-۳) تصویری از هندسه‌های متفاوت در آشکارسازهای گازی را نمایش می‌دهد [۱۳].



شکل ۳-۳: هندسه‌های مختلف در آشکارسازهای گازی. (الف) هندسه‌ی صفحات تخت، (ب) هندسه‌ی استوانه‌ای، (پ) هندسه‌ی کروی [۱۳]

۳-۲-۱ اتاقک یونش

در شکل (۳-۴) ساختمان یک اتاقک یونش موازی نمایش داده شده است.



شکل ۳-۴: اتاقک یونش [۱۳]

صفحات موازی خازنی با ظرفیت C می‌سازند. مجموع خازن و مقاومت یک مدار RC تشکیل می‌دهند. این ساختار بار ایجاد شده در اثر عبور تابش را اندازه‌گیری می‌کند. این آشکارساز در ناحیه یونش که در شکل (۳-۱) بحث کردیم کار می‌کند. حال به بررسی روابط حاکم بر این آشکارساز می‌پردازیم. اگر فرض کنیم یک زوج الکترون-یون در فاصله‌ی X_0 ایجاد شده باشد، الکترون و یون تحت اثر میدان حرکت خواهند کرد بنابراین دارای انرژی جنبشی خواهند بود. اگر ذرات فاصله‌ای به اندازه‌ی dx طی کنند داریم:

$$eE(dx^+ + dx^-) = d\left(\frac{Q^2}{2C}\right) = \frac{Q}{C}dQ \approx V_0(dQ^- + dQ^+) \quad (۴-۳)$$

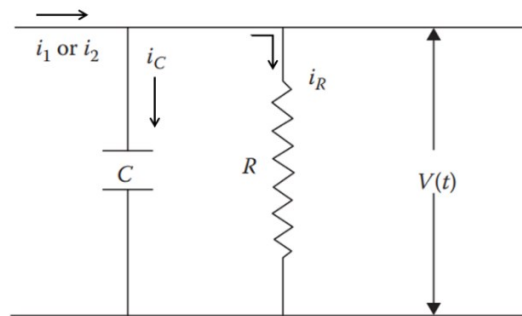
که در آن E میدان الکتریکی، Q بار روی صفحات، dQ^- و dQ^+ بار جزئی جمع‌آوری شده هستند. بنابراین داریم [۱۳][۲۴][۲۵][۲۶]:

$$V(t) = \frac{1}{C} \int_0^t dQ(t) = \frac{1}{C} \int_0^t (dQ^- + dQ^+) \quad (۵-۳)$$

$$V(t) = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{e}{V_0} E(dx^+ + dx^-) \quad (۶-۳)$$

۳-۲-۲ اتاقک جریان

اتاقک جریان که در شکل (۵-۳) نمایش داده شده است در ناحیه‌ی یونش شکل (۱-۳) کار می‌کند. این اتاقک میانگین یونش تولید شده توسط ذرات ورودی را اندازه‌گیری می‌کند. این کار با اندازه‌گیری مستقیم جریان ایجاد شده در اتاقک انجام می‌شود.



شکل ۵-۳: اتاقک جریان [۱۳]

که C ظرفیت اتاقک و R مقاومت کل مدار است. برای $t \leq 0$ داریم :

$$V_1 = i_R R = i_1 R \quad (۷-۳)$$

در لحظه $t = 0$ جریان از i_1 به i_2 تغییر می‌یابد و $V_2 = i_2 R$. از قوانین کیریشف داریم:

$$i_2 = i_C + i_R = \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{V(t)}{R} = C \frac{dV(t)}{dt} + \frac{V(t)}{R} \quad (۸-۳)$$

یا به عبارتی:

$$\frac{dV(t)}{dt} + \frac{1}{RC} V(t) = \frac{i_2}{C} \quad (۹-۳)$$

پاسخ این معادله‌ی دیفرانسیل با توجه به شرایط اولیه‌ی گفته شده به صورت زیر است:

$$V(t) = i_2 R + R(i_1 - i_2)e^{-t/RC} \quad (۱۰-۳)$$

بنابراین پاسخ به صورت نمایی با ثابت زمانی RC خواهد بود [۱۳][۲۴][۲۵].

۳-۲-۳ شمارنده‌های تناسبی

این نوع شمارنده در ناحیه‌ی تناسبی کار می‌کند. همانطور که قبلاً گفته شد در این ناحیه به علت افزایش ولتاژ الکترون‌ها در بین برخوردها انرژی لازم برای تولید زوج الکترون-یون‌های ثانویه را بدست می‌آورند. در واقع اتفاقی که می‌افتد تکثیر یونش اولیه است که تکثیر بار نامیده می‌شود. برای اینکه تکثیر بار به خوبی اتفاق بیافتد و در واقع برای ایجاد میدان الکتریکی قوی بدون احتیاج به افزایش قابل توجه ولتاژ معمولاً این شمارنده‌ها استوانه‌ای شکل ساخته می‌شوند. دیواره‌ی استوانه زمین می‌شود و ولتاژ مثبت به سیم مرکزی اعمال می‌شود. در هندسه‌ی استوانه‌ای همانطور که قبلاً گفته شد میدان الکتریکی داخل شمارنده به صورت زیر است:

$$E(r) = \frac{V_0}{\ln(b/a)} \frac{1}{r} \quad (۱۱-۳)$$

علاوه بر الکترون‌های ثانویه‌ای که در بین برخوردها به وجود می‌آیند، بر اثر بمباران سطح کاتد توسط یون‌های مثبت و همچنین پدیده‌ی فوتوالکتریک نیز الکترون تولید می‌شود. فوتون‌های حاصل از یونش و برانگیزش گاز شمارنده منجر به پدیده‌ی فوتوالکتریک می‌شوند. اگر گاز شمارنده‌ی یک گاز تک اتمی باشد به علت اینکه فوتون‌ها انرژی کافی برای یونیزه کردن اتم‌های گاز ندارند تنها زمانی که به کاتد برخورد کنند فوتوالکتریک تولید می‌کنند. اگر گازی چند اتمی داشته باشیم فوتون‌های ساطع شده از یک گاز ممکن است گازدیگر را یونیزه کنند. همچنین هنگامی که یون‌های تولید شده در شمارنده به انتهای مسیر خود می‌رسند و با کاتد برخورد می‌کنند الکترون آزاد می‌کنند. کیفیت این اثر به جنس ماده سطح کاتد و همچنین نوع گاز بستگی دارد. ولتاژ پالس خروجی به صورت تابعی از زمان مطابق رابطه زیر است :

$$V(t) = \frac{Q}{2C \ln(b/a)} \ln\left(1 + \frac{b^2}{a^2} \frac{t}{t_{ion}}\right) \quad (۱۲-۳)$$

C ظرفیت شمارنده و t_{ion} زمانی است که طول می‌کشد تا یون‌ها به کاتد برسند. پارامتر Q در این اینجا از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = MNe = M \frac{\Delta E}{w} e \quad (۱۳-۳)$$

که M در آن ضریب تکثیر گازی، ΔE انرژی برجای گذاشته شده در آشکارساز توسط ذرات ورودی، w میانگین انرژی لازم برای تولید یک زوج الکترون-یون، از طرفی رابطه t_{ion} به صورت است :

$$t_{ion} = \frac{P \ln(b/a)}{2V_0 \mu_{ion}} (b^2 - r^2) \quad (۱۴-۳)$$

در این رابطه P فشار گاز، μ_{ion} تحرک پذیری یون در میدان شمارنده و r موقعیت مکانی که یون تولید شده است، می‌باشد. همانطور که از رابطه‌ی بالا پیداست، بار متناسب با انرژی برجای گذاشته شده است اما این تناسب تا زمانی برقرار است که ضریب تکثیر گازی ثابت و بدون وابستگی به یونش اولیه باشد [۱۳][۲۴][۲۷].

۳-۲-۴ شمارنده‌های گایگر-مولر

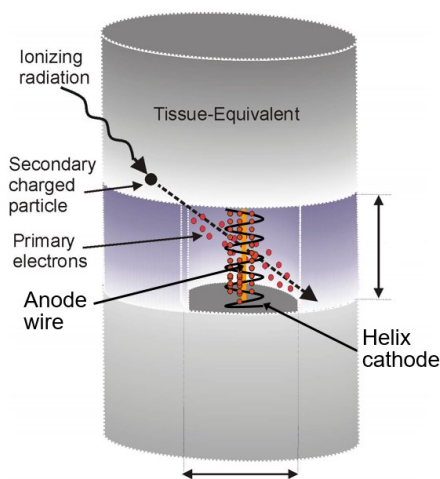
این شمارنده‌ها در ناحیه‌ی چهار شکل (۳-۱) یعنی ناحیه‌ی گایگر-مولر کار می‌کنند. شمارنده‌های گایگر معمولاً با هندسه‌ی استوانه‌ای ساخته می‌شوند. میدان در داخل این شمارنده‌ها به قدری قوی است که یک تک یونش منجر به ایجاد بهمنی از الکترون-یون می‌شود، بنابراین سیگنال خروجی مستقل از یونش اولیه خواهد بود. این نوع از آشکارسازهای گازی صرفاً به عنوان شمارنده قابل استفاده است و به عبارتی تشخیص نوع ذره با این شمارنده امکان پذیر نیست. ایجاد بهمن‌های پی در پی در شمارنده به تخلیه منجر خواهد شد، لذا برای جلوگیری از تخلیه از روش‌های فرونشانی استفاده می‌شود. فرونشانی به دو روش قابل انجام است. روش اول فرونشانی خارجی نام دارد، به این صورت که با شروع تخلیه تا زمانی که یون‌ها به کاتد برسند ولتاژ به اندازه‌ای کاهش یابد که تکثیر بار قابل چشم‌پوشی باشد. برای این کار از یک مدار RC استفاده می‌شود. ثابت زمانی RC بسیار طولانی‌تر از زمان لازم برای جمع‌آوری یون‌ها است. به عبارتی زمان مرده‌ی آشکارساز طولانی است. روش دوم خودفرونشانی است به این ترتیب که مقدار کمی از یک گاز آلی چند اتمی یا یک هالوژن به گاز اصلی اضافه می‌شود. نکته اینجاست که گازهای آلی زمانی که یونیده می‌شوند به جای رخ دادن پدیده‌ی فوتوالکتریک در آنها، به مولکول‌های کوچک‌تر تجزیه می‌شوند، بنابراین تعداد زیادی از فوتوالکتریک‌ها که باعث ایجاد بهمن‌های پی‌درپی می‌شدند به وجود نمی‌آیند و لذا از تخلیه الکتریکی جلوگیری می‌شود. رابطه‌ی (۳-۱۲) که قبلاً برای شمارنده‌های تناسبی گفته شد در مورد شمارنده‌های گایگر هم صادق است [۱۳][۲۴][۲۸].

۳-۳ انواع آشکارسازهای تناسبی

۳-۳-۱ شمارنده‌های تناسبی معادل بافت^{۷۲}

برای تخمین مستقیم دز معادل جذب شده در بدن انسان باید آشکارسازی مورد استفاده قرار گیرد که رفتارش در مقابل پراکندگی و جذب تابش مانند رفتار بدن انسان باشد. برای این هدف ماده‌ای که برای ساخت آشکارساز نیاز است باید معادل بافت بدن انسان باشد. شمارنده‌های تناسبی معادل بافت، کره‌ها یا استوانه‌های توخالی هستند که دیواره و گاز داخل آن‌ها ترکیباتی معادل بافت دارد. این نوع شمارنده‌ها در دزسنجی گاما و نوترون یا چشمه‌های مخلوط گاما-نوترون کاربرد فراوان دارند. نوترون به پلاستیک معادل بافت برخورد می‌کند و یک پروتون پس زنی بیرون می‌افتد. این پروتون از گاز کاواک عبور می‌کند. انرژی برجای گذاشته شده در کاواک متناسب با بار است. در واقع با شمارنده تناسبی معادل بافت می‌توان انتقال خطی انرژی^{۷۳} را اندازه‌گیری کرد و دز معادل را برای میدان‌های تابشی پیچیده محاسبه نمود [۲۴][۲۹].

شکل (۳-۶) یک نمونه از این شمارنده را نمایش می‌دهد.



شکل ۳-۶: شمارنده‌ی تناسبی معادل بافت [۳۰]

⁷² Tissue Equivalent
Proportional Counter

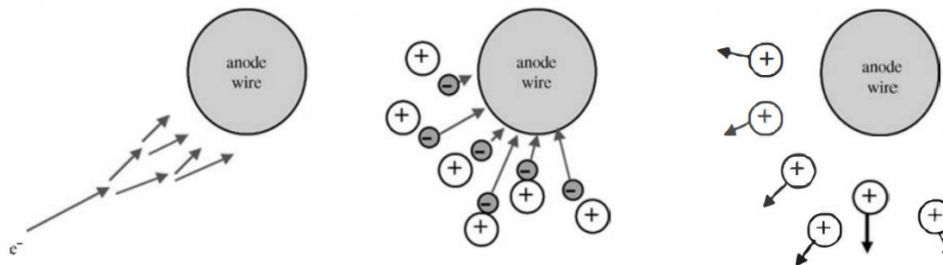
⁷³ Linear Energy Transfer

۳-۳-۲ شمارنده‌های بهمنی صفحه تخت^{۷۴}

این نوع شمارنده شامل دو الکتروود تخت است در محفظه‌ای که با یک گاز مناسب پر شده است. با اعمال ولتاژ به الکتروودها در فضای بین آن‌ها میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. ورود تابش به فضای بین دو الکتروود باعث تولید زوج الکترون-یون خواهد شد. همانطور که در بخش‌های قبل گفته شد در این شمارنده‌ها تحت اثر قدرت میدان، تکثیرگازی اتفاق می‌افتد. این نوع شمارنده‌ها برای مواردی که قدرت تفکیک زمان بر قدرت تفکیک انرژی ارجحیت دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مواردی که با ذرات باردار سنگین سروکار داریم به جهت اینکه آشکارسازهای حالت جامد دچار آسیب‌های ناشی از تابش می‌شوند استفاده از این شمارنده بسیار مفید است [۲۴][۳۱].

۳-۳-۳ شمارنده‌های تناسبی حساس به مکان^{۷۵}

استفاده از شمارنده‌های حساس به موقعیت علاوه بر انرژی و زمان، امکان پی بردن به مکان برهمکنش را هم فراهم می‌کند. این شمارنده‌ها برای فوتون‌های کم انرژی، نوترون‌ها و ذرات باردار قابل استفاده هستند. پیدا کردن مکان برهمکنش براساس اندازه‌گیری اختلاف زمانی انجام می‌شود. درواقع مکان ایجاد بهمن روی سیم آند محل یونش اولیه است، لذا محل ورود تابش خواهد بود. بنابراین همانطور که در شکل (۳-۷) نمایش داده شده است سیگنالی روی سیم آند تشکیل می‌شود.

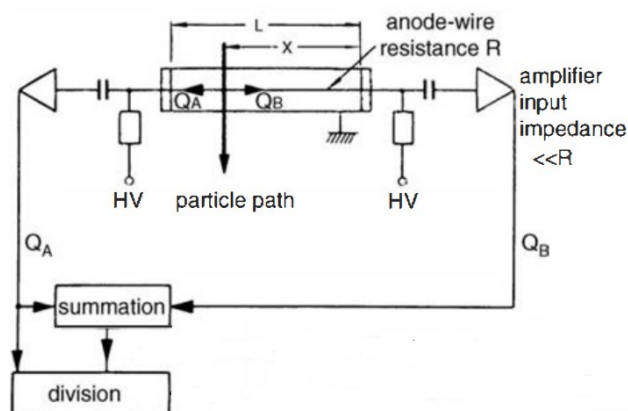


شکل ۳-۷: مراحل تشکیل سیگنال روی سیم آند [۲۴]

⁷⁴ Parallel Plate Avalanche Counters

⁷⁵ Position Sensitive Proportional Counter

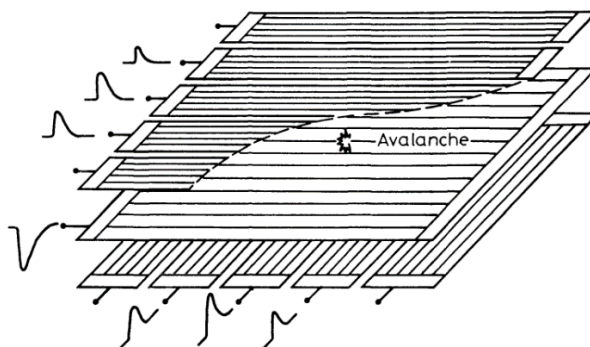
از آنجایی که طول سیم از قبل مشخص است، با اندازه‌گیری اختلاف زمان رسیدن سیگنال به دوسر سیم‌اند می‌توان محل ایجاد بهمن و به عبارتی محل تابش را پیدا کرد. شکل (۸-۳) ساختمان این شمارنده را نمایش می‌دهد [۲۴][۳۲].



شکل ۸-۳: شمارنده‌ی تناسبی حساس به مکان [۲۴]

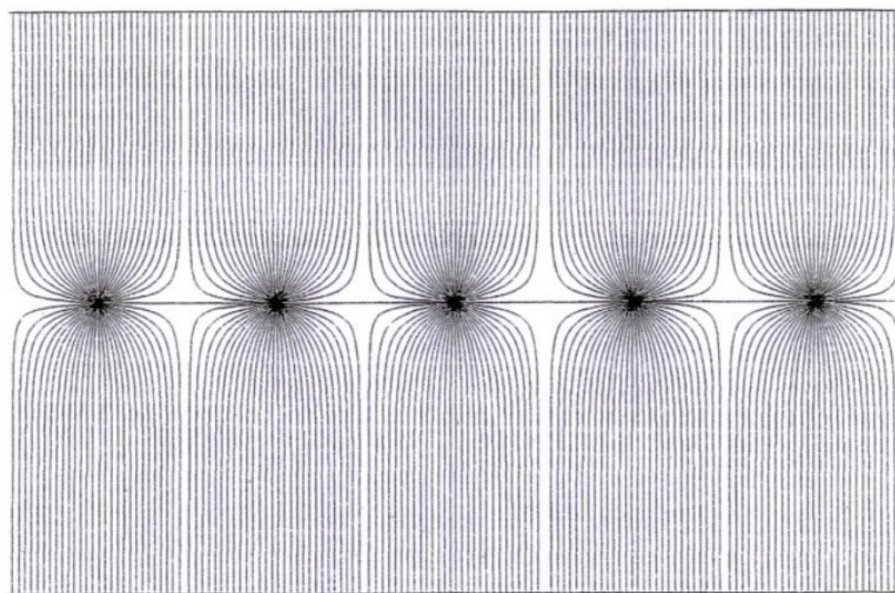
۳-۳-۴ شمارنده‌های تناسبی چند سیمی

اگر به جای یک سیم‌اند آرایه‌ای از سیم‌ها با فاصله‌ی معین و ثابت بین دو صفحه کاتد باشیم آشکارساز حاصل شمارنده‌ی تناسبی چند سیمی دو بعدی خواهد بود. یکی از صفحات کاتد در واقع نقش پنجره ورودی را دارد و مانند صفحه‌ی‌اند آرایه‌ای از سیم‌ها است. طرحی از این آشکارساز در شکل (۹-۳) نمایش داده شده است.



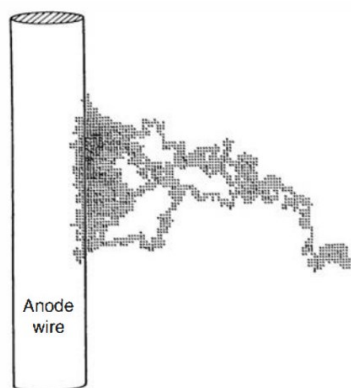
شکل ۹-۳: ساختمان آشکارساز تناسبی چند سیمی [۳۳]

ولتاژ مثبت به سیم‌های آند اعمال می‌شود. همانطور که انتظار می‌رود میدان در نزدیکی سیم‌های آند قوی است و در بقیه‌ی حجم ناحیه‌ی فعال میدان یکنواخت خواهد بود. لذا خطوط میدان حاصل به شکل (۳-۱۰) خواهد بود.



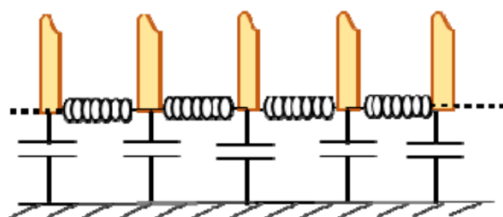
شکل ۳-۱۰: خطوط میدان در آشکارساز تناسبی چند سیمی [۳۴]

کشش یکسان سیم‌ها و فاصله‌های دقیقا برابر، در میدان ایجاد شده بسیار موثر است. چنانچه کشش سیم‌ها یکسان نباشد و در واقع سیم‌ها حتی به مقدار کمی قوس پیدا کنند و یا عدم تقارنی در فواصل بین سیم‌ها وجود داشته باشد منجر به ایجاد میدان غیریکنواختی می‌شود که فرآیندهای بعدی را تحت تاثیر قرار خواهد داد. آنچه که در این آشکارساز اتفاق می‌افتد این است که تابش از پنجره‌ی ورودی داخل آشکارساز می‌شود و تولید یونش می‌کند. به دلیل حضور میدان الکترون‌ها شتاب گرفته و لذا در نزدیکی آند انرژی لازم برای تولید یونش‌های ثانویه و به دنبال آن بهمنی از الکترون-یون را بدست می‌آورند. شکل (۳-۱۱) طرحی از این فرآیند است.



شکل ۱۱-۳ : نمایی از تشکیل بهمن الکترون و یون [۲۴]

بهمن حاصل از الکترون‌ها به سرعت جمع‌آوری می‌شود در حالی که ابری از یون‌های مثبت هنوز به کاتد نرسیده‌اند. پالس تشکیل شده در آشکارساز ناشی از الکترون‌ها نیست بلکه مربوط به یون‌هاست. این پالس خیزش سریعی از مرتبه چند نانوثانیه دارد در حالی که فرو افت آن آهسته و درحد چند میکروثانیه است. هر چه فاصله‌ی سیم‌ها کمتر باشد قدرت تفکیک بیشتر می‌شود لذا دقت بیشتری خواهیم داشت. از طرفی نزدیک شدن بیش از حد سیم‌ها به هم باعث اثرات مخرب می‌شود، لذا باید فاصله بین سیم‌ها یک مقدار مناسب اتخاذ شود. استخراج مکان از طریق اندازه‌گیری اختلاف زمانی سیگنال دو سر سیم‌های کاتد است. برای این منظور از تکنیک خط تاخیر^{۷۶} استفاده شده است. این تکنیک در شکل (۱۲-۳) نمایش داده شده است.



شکل ۱۲-۳ : تکنیک خط تاخیر استفاده شده در آشکارساز تناسبی چند سیمی [۳۵]

⁷⁶ Delay Line

مبنای این روش استفاده از القاگر و خازن می‌باشد. به این صورت که بین سیم‌ها به صورت سری ترکیب القاگر و خازن قرار می‌گیرد. اگر سرعت انتقال ذره را v_g^{77} در نظر بگیریم و برهمکنش در مکان X رخ دهد و طول صفحه‌ی کاتد l باشد، زمان رسیدن پالس به دو انتهای صفحه‌ی کاتد از روابط زیر بدست می‌آید:

$$t_1 = \frac{x}{v_g} \quad t_2 = \frac{l - x}{v_g} \quad (15-3)$$

بنابراین موقعیت مکانی به سادگی و از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$x = \frac{1}{2} \{ (t_1 - t_2) v_g + l \} \quad (16-3)$$

این روش به دلیل دقت بالا در پیدا کردن مکان ذره بسیار پرکاربرد است [۵][۱۳][۲۴][۳۶].

⁷⁷ Group Velocity

فصل چهارم :

نتایج و تحلیل داده‌ها

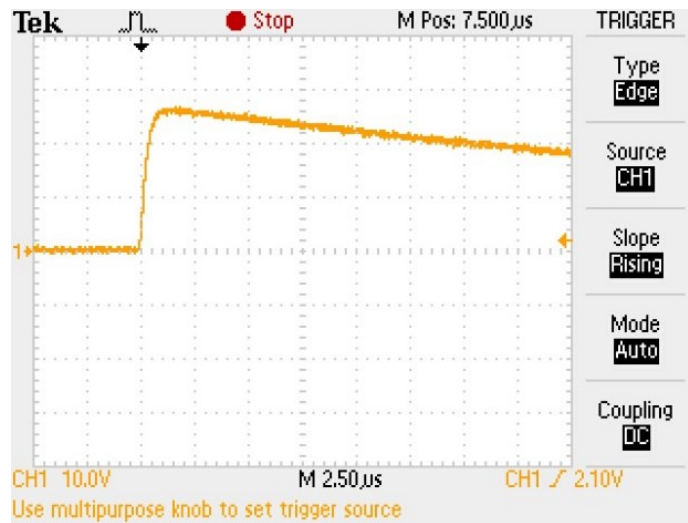
۴-۱ مقدمه

در فصل پیش رو به ارائه‌ی نتایج آزمایش‌های انجام شده پرداخته می‌شود. در گام اول نتایج حاصل از انجام آزمایش با ماژول دیجیتالیزر گزارش خواهد شد. آنچه که در این قسمت انجام شده عبارت است از راه‌اندازی ماژول دیجیتال کننده، تنظیم بهینه پارامترها (به صورت نرم‌افزاری و از طریق فایل پیکربندی ماژول) به منظور دستیابی به اطلاعات ایده‌آل، ذخیره‌ی خروجی دیجیتال شده‌ی ماژول و کدنویسی مناسب جهت دستیابی به پارامترهای مورد نظر. گام دوم مربوط به انجام آزمایش با ماژول مبدل دیجیتال زمان است. در این بخش پس از راه‌اندازی ماژول، با تنظیمات سخت‌افزاری (روی برد) و نرم‌افزاری (تنظیم پارامترها از طریق فایل پیکربندی^{۷۸} ماژول) فایل خروجی ماژول ذخیره شده است. این فایل مجموعه‌ای از اعداد در مبنای شانزده می‌باشد. این اعداد حاوی پارامترهای متعددی هستند. یکی از پارامترهای موجود در این اعداد، پارامتر مورد توجه ما یعنی زمان است. به عبارت بهتر اختلاف زمانی بین دو سیگنال ورودی به ماژول، در حقیقت پارامتر اصلی خروجی این ماژول می‌باشد. در نهایت و در آخرین بخش، به بررسی نتایج آشکار تناسبی چند سیمی می‌پردازیم. کدنویسی در چارچوب ROOT انجام شده است.

۴-۲ سیگنال خروجی پیش تقویت کننده

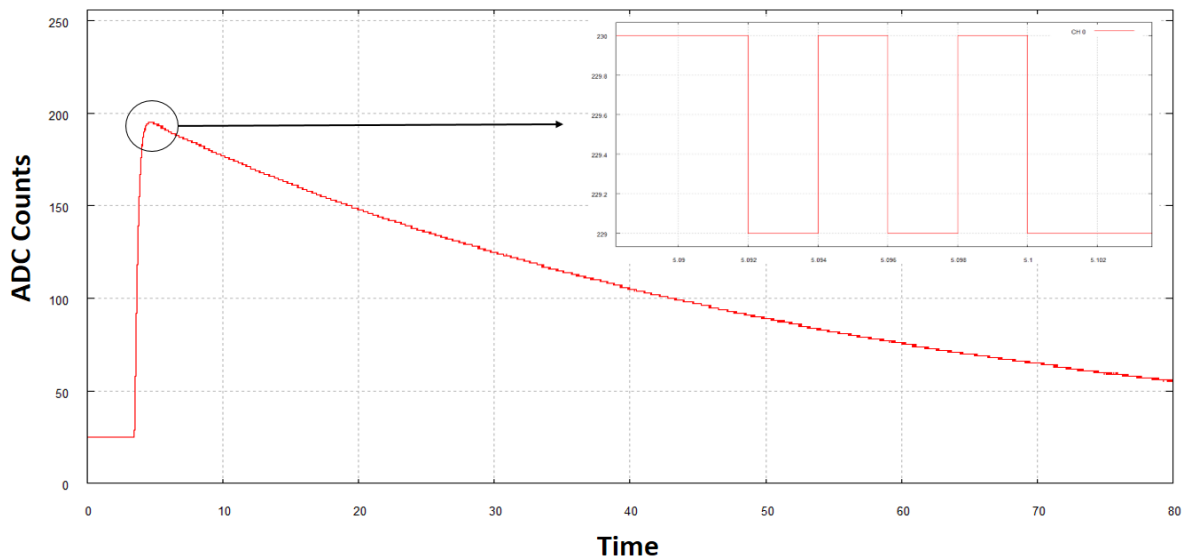
سیگنال خروجی پیش تقویت کننده، حاوی تمام اطلاعات مربوط به سیگنال تشکیل شده در آشکارساز است. شکل (۴-۱) سیگنال خروجی پیش تقویت کننده را نمایش می‌دهد.

⁷⁸ Configuration File



شکل ۴-۱: سیگنال خروجی پیش تقویت کننده

با استفاده از ماژول‌های الکترونیک استاندارد VME مانند ماژول دیجیتال کننده، می‌توان سیگنال آنالوگ خروجی پیش تقویت کننده را دیجیتال کرد و در ادامه اطلاعات مورد نظر را از آن استخراج نمود. سیگنال دیجیتال شده‌ی پیش تقویت کننده در شکل (۴-۲) نمایش داده شده است.



شکل ۴-۲: سیگنال دیجیتال شده پیش تقویت کننده. فاصله‌ی زمانی ثبت هر داده ۲ نانوثانیه است. داده‌های خوانده شده به صورت دیجیتال در بالای تصویر بزرگنمایی شده است.

تبدیل اطلاعات به داده های دیجیتال در ماژول دیجیتال کننده را می توان به نحو دلخواه (یعنی با تنظیم نرم افزاری) در فایل پیکربندی آن انجام داد و در ادامه، اطلاعات بسته به تنظیمات اعمال شده از طرف کاربر خوانده می شوند. این اطلاعات توسط کاربر ذخیره و بعداً مورد بازیابی قرار می گیرند. ماژول های دیجیتال کننده ی نسل جدید با استاندارد VME دارای قدرت تفکیک از مرتبه ی GS/s (آنالیز دیتای با نرخ گیگا نمونه - بر ثانیه) هستند.

۳-۴ روش های اندازه گیری زمان

در بسیاری از کاربردهای فیزیکی، اطلاعات زمانی دقیق یک تابش در محیط آشکارساز، پارامتر مورد توجه است. مادامی که هدف عمده ی آزمایش، اطلاعات مربوط به زمان ورود^{۷۹} و خیزش تپ^{۸۰} باشد، تحلیل تپ های آشکارساز نسبت به زمانی که هدف آزمایش، فقط اندازه گیری دقیق ارتفاع (دامنه) تپ است، تفاوت دارد. دقت در اندازه گیری زمان به ویژگی های آشکارساز و الکترونیک بکار برده شده در پردازش سیگنال بستگی دارد. بهترین عملکرد در اندازه گیری زمان مربوط به آشکارسازهای سریع است. اندازه گیری زمانی یک آشکارساز معین به میزان زیادی به محدوده ی دینامیکی^{۸۱} (نسبت دامنه ی بزرگ ترین به کوچک ترین تپ) وابسته است. روش های مختلفی برای اندازه گیری زمان ورود و خیزش تپ وجود دارد. از جمله ی این روش ها می توان به روش ARC^{۸۲} [۳۷]، FPET^{۸۳} [۳۸]، لبه ی صعودی^{۸۴} [۳۹] [۴۰]، گذر^{۸۵} [۴۱] و فیلتر دوزنقه ای^{۸۶} [۴۲] اشاره کرد. در ادامه فیلتر دوزنقه ای را معرفی و سیگنال نهایی این فیلتر را گزارش می کنیم. امروزه الکترونیک استاندارد VME بدلیل قدرت تفکیک زمانی زیاد برای آشکارسازهای سریع مانند سوسوزن های پلاستیکی^{۸۷} بسیار متداول است. آشکارساز

⁷⁹ Pick Off Time

⁸⁰ Rise Time

⁸¹ Dynamic Range

⁸² Amplitude and Rise Time

Compensated Timing

⁸³ First PhotoElectron Timing

⁸⁴ Leading Edge Timing

⁸⁵ Crossover Timing

⁸⁶ Trapezoidal Filter

⁸⁷ Plastic Scintillator

مورد استفاده در این تحقیق آشکارساز یدور سدیم است که از قدرت تفکیک زمانی^{۸۸} و تفکیک انرژی^{۸۹} زیاد مانند سوسوزنهای پلاستیکی برخوردار نیست. در اینجا صرفاً روش کار معرفی شده است و قابل تعمیم به انواع آشکارسازها می باشد.

۴-۴ شکل دهی دوزنقه ای

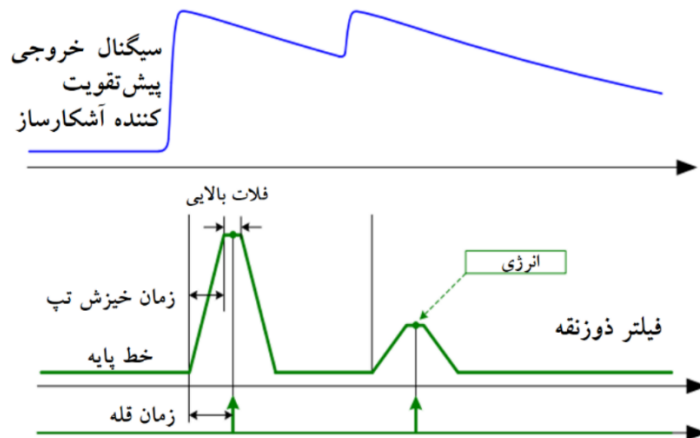
در آشکارسازهایی که زمان جمع آوری بار در آن وابسته به مکان برهم کنش تابش با ماده ای آشکارساز است، مسئله ای نقصان بالستیکی^{۹۰} که شکل دهی پالس را تحت تاثیر قرار می دهد، به روش شکل دهی خاصی نیاز دارد که منجر به پالسی به شکل نوک-پهن^{۹۱} می شود. چنین شکلی، شبیه دوزنقه است که با استفاده از تکنیک های آنالوگ یا دیجیتال قابل حصول است. زمان خیزش تپ از پیش تقویت کننده، معمولاً متناظر با زمان جمع آوری بار کل در آشکارساز است. اثر شکل دهی دوزنقه ای برای پالس هایی که زمان خیزش یکسانی دارند، اما زمان جمع آوری بار کل آنها متفاوت است، این است که بعد از اعمال این فیلتر پالس های مشاهده شده در خروجی بیشینه دامنه ای یکسان دارند. در حالی که سایر روش های شکل دهی بدون نوک-پهن منجر به پالس هایی با دامنه های متفاوت می شوند. با استفاده از شکل دهی دوزنقه ای (به شرطی که نوک-پهن یا همان فلات بالایی دوزنقه طولانی تر از تغییرات زمان خیزش باشد) می توان از بروز مشکل تغییرات نقصان بالستیکی که اطلاعات مربوط به قدرت تفکیک انرژی را تضعیف می کند جلوگیری کرد. اعمال شکل دهی دوزنقه ای (فیلتر دوزنقه ای) یکی از روش های استخراج اطلاعات سیگنال خروجی از آشکارساز است. اثر فیلتر دوزنقه ای روی سیگنال خروجی پیش تقویت کننده در شکل (۳-۴) نمایش داده شده است.

⁸⁸ Time Resolution

⁸⁹ Energy Resolution

⁹¹ Flat Top

⁹⁰ Ballistic Deficit



شکل ۳-۴: اثر فیلتر دوزنقه‌ای روی سیگنال خروجی پیش تقویت کننده

روش‌های ریاضی متفاوتی برای تبدیل سیگنال آنالوگ خروجی از پیش تقویت کننده به یک سیگنال دوزنقه‌ای وجود دارد. روش مورد استفاده در اینجا بر مبنای میانگین گیری است. طبق رابطه‌ی (۱-۴) برای i امین داده میانگین L نقطه بعد از آن محاسبه می‌شود.

$$V_{av1}[i] = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} V_{in}[i+j] \quad (1-4)$$

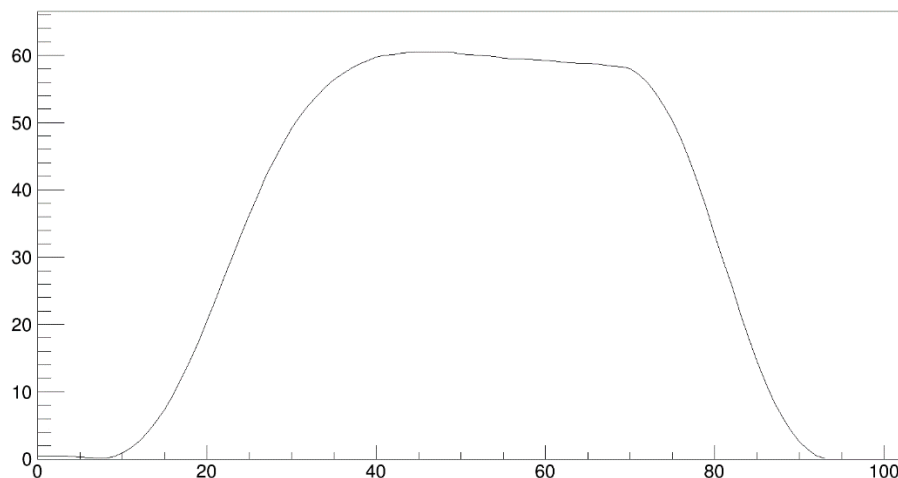
با ایجاد فاصله‌ای به اندازه‌ی L مجدد، طبق رابطه (۱-۴) برای هر نقطه میانگین L نقطه‌ی بعد از آن محاسبه می‌شود.

$$V_{av2}[i] = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} V_{in}[L+G+i+j] \quad (2-4)$$

در نهایت شکل دوزنقه‌ای مورد نظر از رابطه‌ی (۳-۴) بدست خواهد آمد [۴۳].

$$V_{out}[i] = V_{av2}[i] - V_{av1}[i] \quad (2-4)$$

شکل پالس نهایی پس از کدنویسی مناسب به زبان C++ و اعمال فیلتر دوزنقه‌ای روی سیگنال دیجیتال شده‌ی خروجی دیجیتالیزر در شکل (۴-۴) نمایش داده شده است.



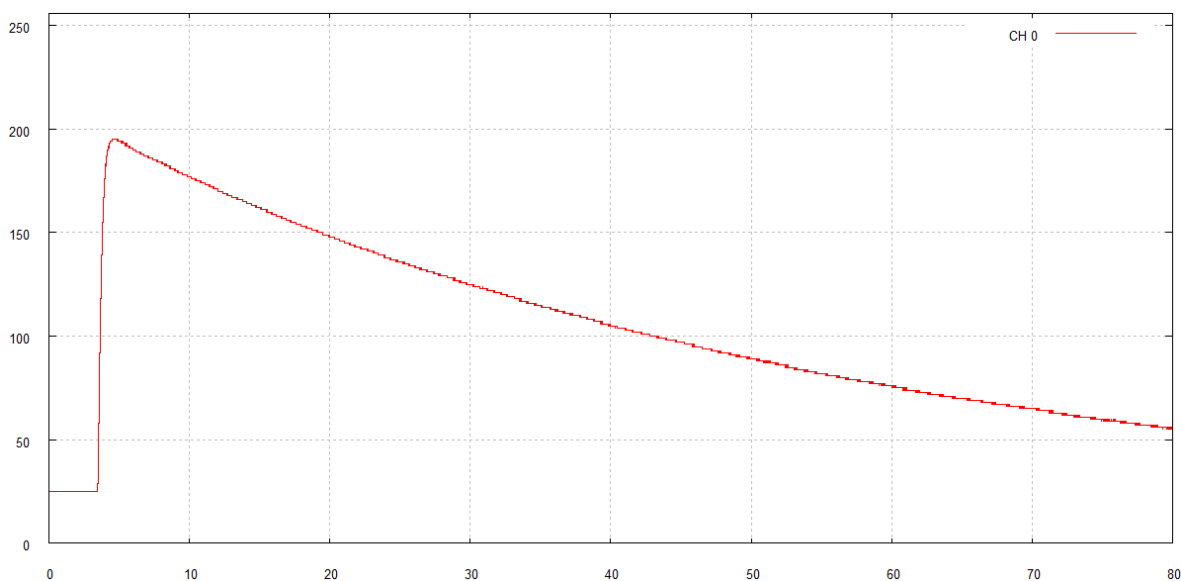
شکل ۴-۴ : سیگنال دوزنقه‌ای خروجی پیش تقویت کننده

پارامترهایی که از این شکل قابل استخراج است شامل زمان خیزش تپ و انرژی برجای گذاشته شده می‌باشد. به عبارت دیگر آنچه که مورد انتظار است این است که در نهایت طیف چشمه‌ی مورد استفاده را بتوان با دقت بیشتری بدست آورد.

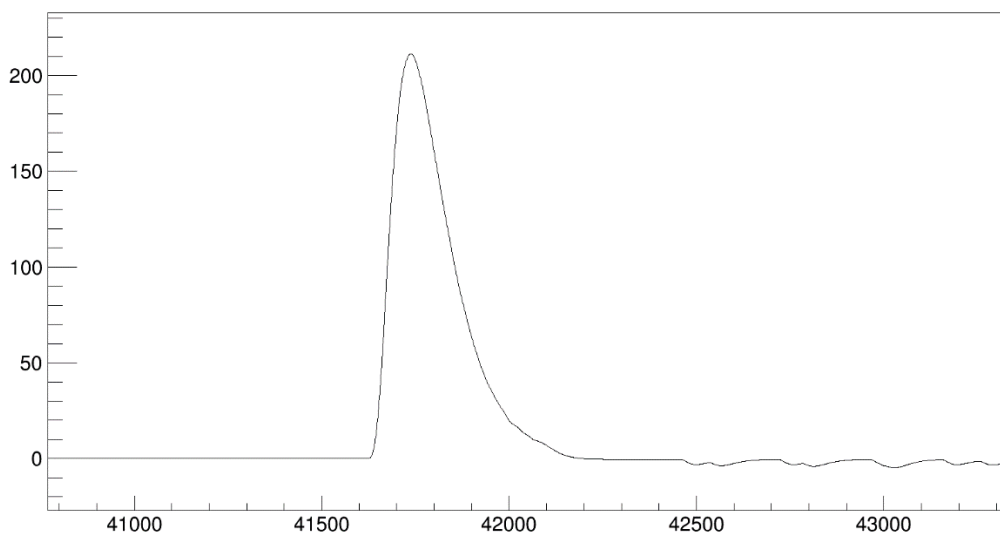
۴-۵ شکل دهی گاوسی

کیفیت طیف سنجی در فیزیک هسته‌ای بسیار وابسته به الکترونیک مورد استفاده در فرآیند طیف سنجی است. با استفاده از الکترونیک استاندارد VME سیگنال خروجی پیش تقویت کننده مستقیماً دیجیتال شده و فرآیندهای پردازش پالس با الگوریتم‌های خاص انجام می‌شود. شکل دهی پالس برای دستیابی به طیف بهینه، که ممکن است تحت تاثیر پارامترهایی مثل آهنگ‌های شمارش زیاد، نسبت سیگنال به نویز و غیره قرار گیرد، انجام می‌شود. برای گرفتن یک طیف خاص باید از تک تک پالس‌ها انتگرال گرفته شود اما نکته این است که انتگرال گیری چه زمانی انجام شود. سطح زیر پالس خروجی آشکارساز برابر انرژی برجای

گذاشته شده توسط تابش است. اما سیگنال خروجی آشکارساز، سیگنال ضعیفی است و نیاز به تقویت دارد. بنابراین با استفاده از پیش تقویت کننده، این پالس به میزان مناسبی تقویت می شود. سیگنال خروجی پیش تقویت کننده با پالس خروجی آشکارساز متفاوت است و لذا برای دستیابی به طیف نهایی، انتگرال گیری از آن صحیح نیست. سیگنال خروجی پیش تقویت کننده بخش بالاروندهی سریعی دارد که به کندی به صفر می رسد. اگر سیگنال خروجی پیش تقویت کننده به یک سیگنال تقریباً گاوسی تبدیل شود، بیشینه ارتفاع آن برابر انرژی برجای گذاشته شده در آشکارساز خواهد بود. در حالت آنالوگ با استفاده از مداری با ترکیب چند خازن و مقاومت سیگنال خروجی پیش تقویت کننده به یک سیگنال تقریباً گاوسی تبدیل می شود. با استفاده از الکترونیک استاندارد VME پس از دیجیتال سازی سیگنال خروجی پیش تقویت کننده، به وسیلهی کدنویسی مناسب این سیگنال به یک سیگنال تقریباً گاوسی تبدیل می شود و در ادامه به سادگی می توان طیف مورد نظر را بدست آورد. استفاده از این روش کاربر را قادر می سازد که به راحتی با کدنویسی انواع تصحیحات مد نظر را که ممکن است اعمال آنها به صورت سخت افزاری بسیار دشوار باشد، روی داده های دیجیتال شده انجام دهد تا بهترین نتیجه حاصل شود. شکل (۴-۵) یک نمونه از سیگنال خروجی پیش تقویت کننده و شکل (۴-۶) سیگنالی گاوسی شده را نمایش می دهد.



شکل ۴-۵: سیگنال خروجی پیش تقویت کننده

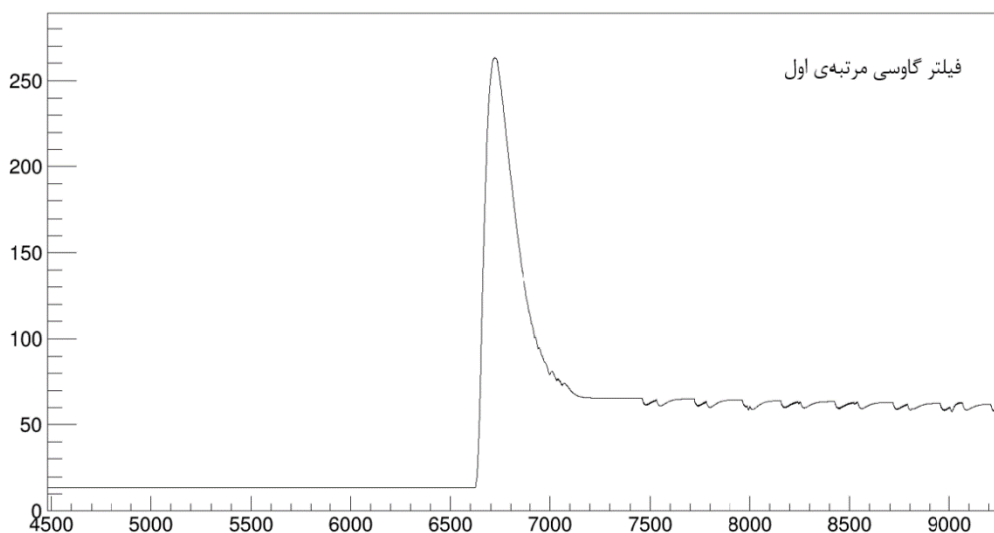


شکل ۴-۶: سیگنال تقریباً گاوسی شده‌ی خروجی پیش تقویت کننده

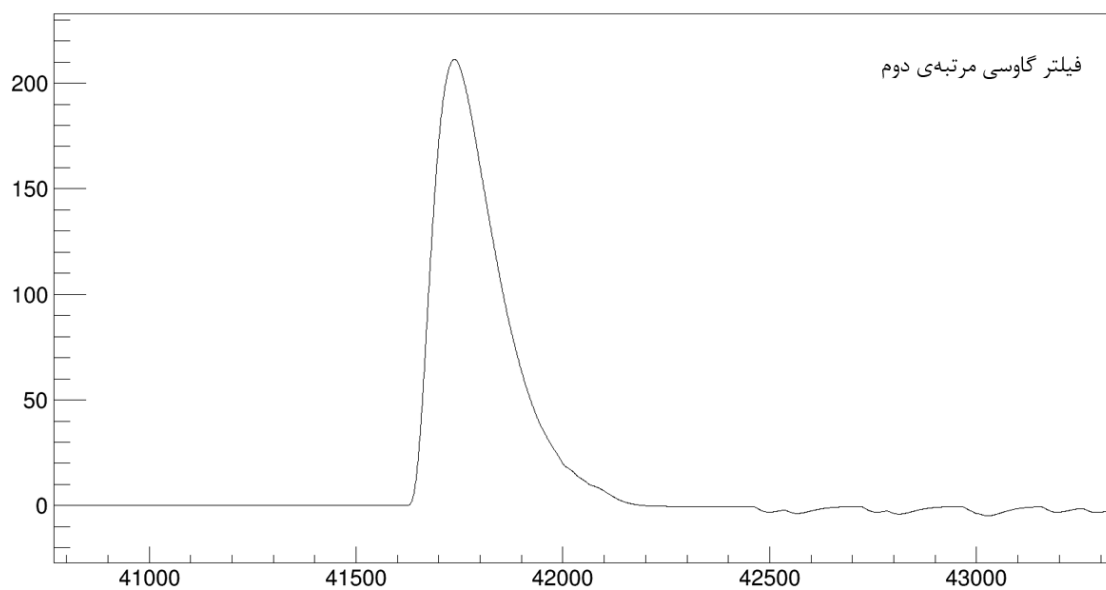
طبق آنچه که گفته شد، به ازای هر پالس خروجی آشکارساز یک سیگنال گاوسی خواهیم داشت و از هر سیگنال گاوسی، بیشینه ارتفاع به عنوان انرژی برجای گذاشته شده در نظر گرفته می‌شود. لذا به ازای هر سیگنال گاوسی یک عدد خواهیم داشت که این اعداد طیف نهایی را بدست می‌دهند.

در این پایان نامه شکل‌دهی گausی مرتبه‌ی یک تا مرتبه‌ی چهار انجام شده است. مراتب بالاتر از مرتبه‌ی چهار پیچیدگی فراوانی در روابط دارند ضمن اینکه در سیگنال گausی نهایی تغییر چندانی حاصل نمی‌شود. بنابراین از اعمال شکل‌دهی گausی مرتبه‌ی چهار به بالا صرفه نظر شده است. مرتبه‌ی فیلتر مشخص‌کننده تعداد زوج‌های CR-RC است. فیلتر گausی مرتبه‌ی یک معادل یک زوج CR-RC است. فیلتر مرتبه‌ی دو معادل یک جزء مشتق‌گیر یا همان CR و دو جزء انتگرال‌گیر یعنی RC است. مراتب بالاتر نیز به همین ترتیب خواهند بود. در واقع مرتبه‌ی فیلتر مشخص‌کننده تعداد RC ها است. روابط و توضیحات تکمیلی مربوط به اعمال فیلتر گausی در پیوست (الف) آورده شده است [۴۴].

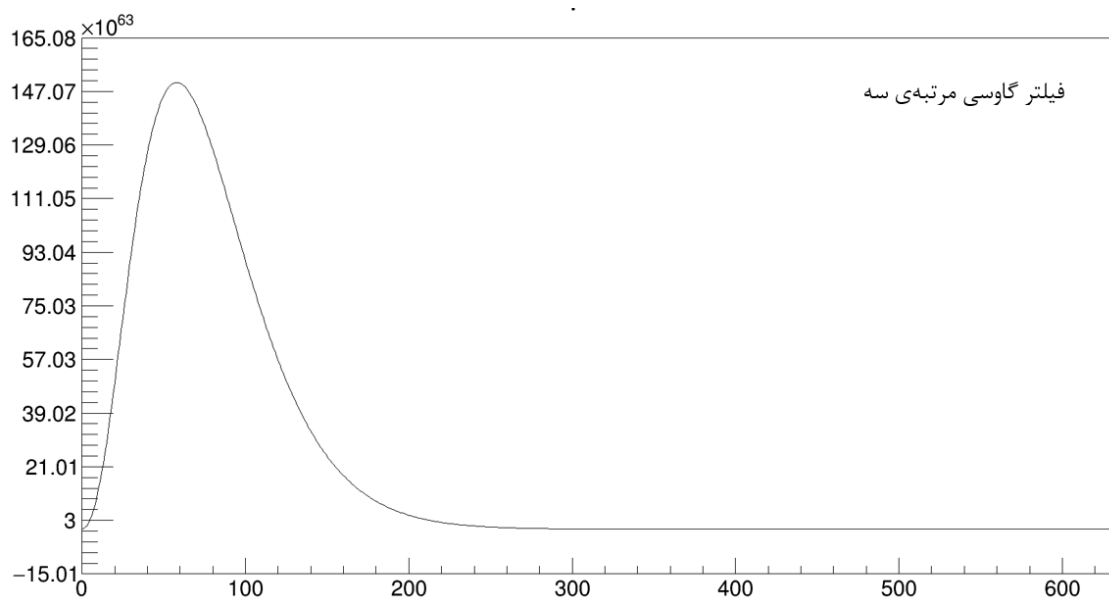
شکل‌های (۷-۴) تا (۱۰-۴) نتایج اعمال فیلتر گausی مرتبه‌ی یک تا چهار را نمایش می‌دهد.



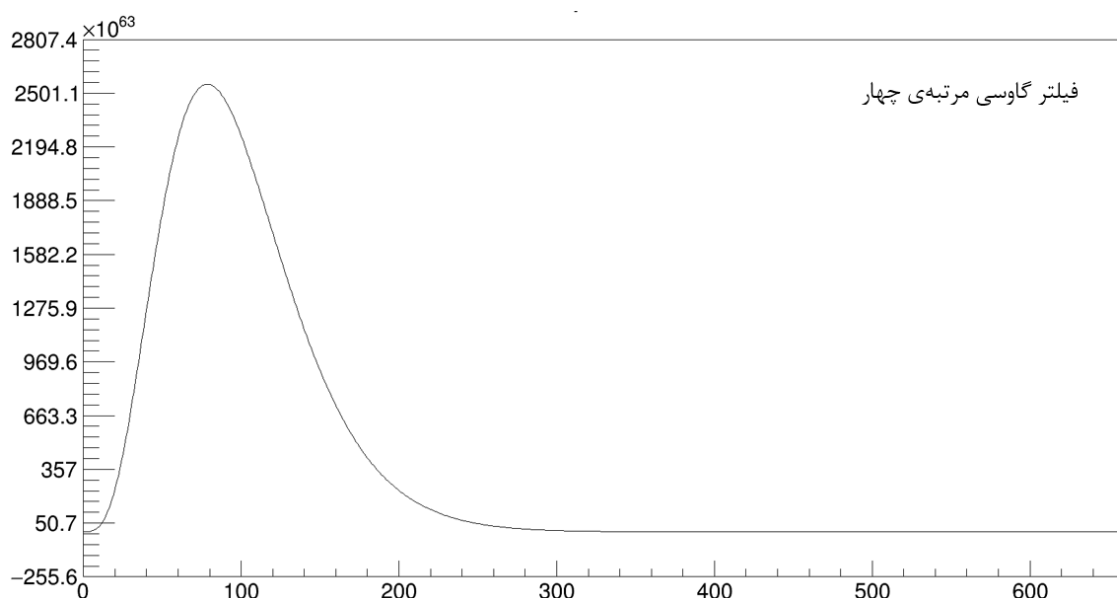
شکل ۴-۷: سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گausی مرتبه‌ی یک



شکل ۴-۸: سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی دو



شکل ۴-۹: سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی سه



شکل ۴-۱۰: سیگنال حاصل از اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی چهار

آنچه که از اعمال این فیلتر بر سیگنال حاضر نتیجه می‌شود این است که در حالت اعمال فیلتر گاوسی مرتبه‌ی چهار، شکل سیگنال به سیگنال گاوسی ایده‌آل نزدیک‌تر است. اما نتیجه‌گیری صرفاً بر مبنای شکل نادرست است. به عبارتی لزوماً همیشه فیلتر گاوسی مرتبه‌ی چهار سیگنال بهتری بدست نمی‌دهد لذا باید براساس سیگنال مورد پردازش، مرتبه‌ی فیلتر را انتخاب کرد. برای نتیجه‌گیری کلی باید این فیلتر بر حجم مناسبی از داده‌ها اعمال شود و طیف نهایی مشخص کننده‌ی میزان اثربخشی اصلاحات خواهد بود. در این تحقیق به دلیل نیاز به حجم زیاد داده‌ها و منطق کد نوشته شده امکان پردازش کامل داده‌های مورد نیاز وجود ندارد. با عوض کردن منطق برنامه به شکلی که هنگام انجام محاسبات خطای کمبود حجم رخ ندهد، می‌توان طیف نهایی را بدست آورد.

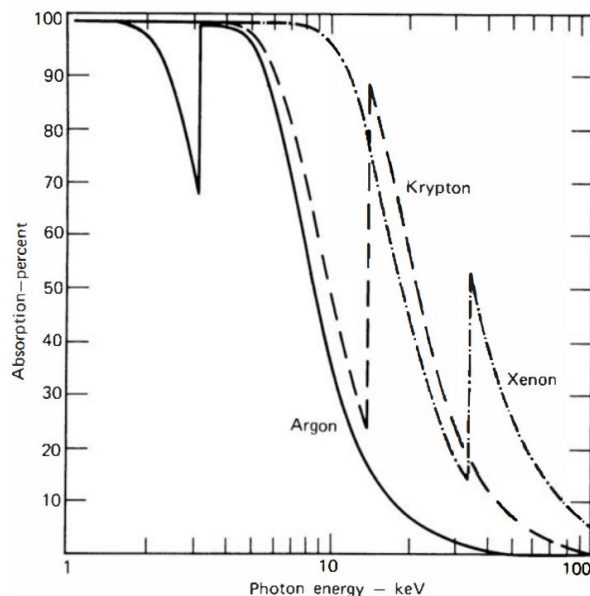
۴-۶ راه‌اندازی آشکارساز تناسبی چندسیمی

برای راه‌اندازی آشکارساز تناسبی چند سیمی باید به دقت قطعات را به یکدیگر متصل کرد. ابتدا صفحه‌ی کاتد اول که آرایه‌ای از سیم‌ها با فاصله‌ی مساوی است به عنوان پنجره‌ی ورودی قرار می‌گیرد. در مرحله‌ی

بعد از یک فاصله دهنده به ضخامت ۱,۶ میلی متر استفاده می‌شود. در واقع ضخامت فاصله دهنده همان ضخامت ناحیه‌ی فعال بین صفحات کاتد و آند است. صفحه‌ی بعدی در این آرایش، صفحه‌ی آند است که به صورت موازی با صفحه‌ی کاتد اول قرار می‌گیرد تا تابش به راحتی وارد ناحیه فعال شود. مجدد یک فاصله دهنده و درنهایت صفحه‌ی کاتد استریپ در جهت عمود بر صفحات قبلی قرار می‌گیرد. فرآیند گازدهی به آشکارساز می‌تواند به گونه‌ای باشد که گاز یکبار وارد آشکارساز شود و یا حالتی که فرآیند گازدهی به صورت پیوسته انجام شود. در حالت اول اگر محفظه دچار نشتی شود، ناخالصی وارد محفظه شده و بنابراین تمام فرآیندهای بعدی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اگر امکان تامین پیوسته‌ی گاز وجود داشته باشد، کار کردن با آشکارساز در حالت تزریق پیوسته‌ی گاز مناسب‌تر است. گاز پرکننده‌ی آشکارساز نقش اصلی در فرآیند تکثیر را برعهده دارد. تابش پس از ورود به ناحیه‌ی فعال آشکارساز باعث ایجاد یونش و برانگیزش در گاز شمارنده می‌شود. الکترون‌های تولید شده در بین برخورد‌ها انرژی کافی برای تولید یونش ثانویه و به دنبال آن بهمنی از الکترون و یون را بدست می‌آورند. اگر ضریب چسبندگی الکترون^{۹۲} در گاز زیاد نباشد فرآیند تکثیر به خوبی اتفاق نمی‌افتد. برانگیختگی اتم‌ها نیز منجر به ایجاد فوتون‌هایی می‌شود که می‌توانند منشا تولید فوتوالکترون باشند. لذا پالس‌های جعلی تولید می‌شوند. پالس‌های جعلی قدرت تفکیک مکانی آشکارساز را کاهش می‌دهند. بنابراین این پالس‌ها نامطلوب هستند و باید تا حد ممکن کاهش یابند. برای جلوگیری از تولید پالس جعلی، مقداری گاز آلی چند اتمی به گاز اصلی اضافه می‌شود. گازهای آلی زمانی که یونیده می‌شوند به جای پدیده‌ی فوتوالکتریک به مولکول‌های کوچک‌تری تجزیه می‌شوند و بنابراین از تولید پالس‌های جعلی جلوگیری می‌کنند. شمارنده‌های تناسبی می‌توانند برای آشکارسازی و طیف سنجی تابش ایکس نرم و یا گاماها‌یی که انرژی آنها به اندازه‌ای کم باشد که با بازدهی مناسب با گاز آشکارساز

⁹² Electron attachment coefficient

اندرکنش کنند، استفاده شوند [۲۴]. شکل (۴-۱۱) میزان جذب فوتون در سه گاز آرگون، کریپتون و زنون را نمایش می‌دهد.

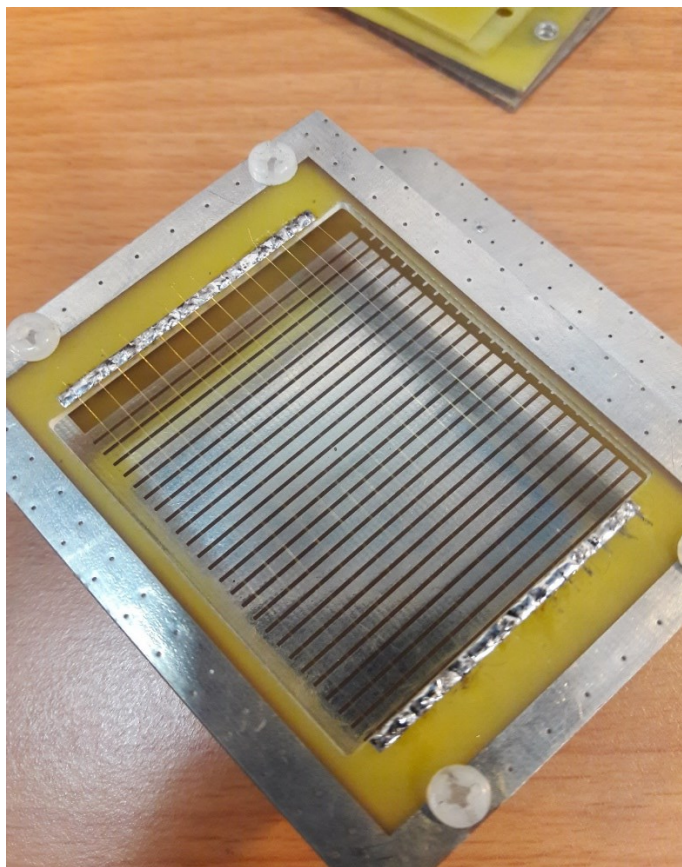


شکل ۴-۱۱: میزان جذب فوتون در سه گاز آرگون، کریپتون و زنون [۲۴]

گاز مورد استفاده در این پایان‌نامه گاز P-۱۰ است که ترکیبی از ۹۰٪ گاز آرگون و ۱۰٪ گاز متان است. فرآیند گازدهی به صورت پیوسته انجام شده است. استفاده از گاز آرگون به علت قیمت مناسب بسیار مقرون به صرفه است. فشار گاز مورد استفاده ۱ بار است.

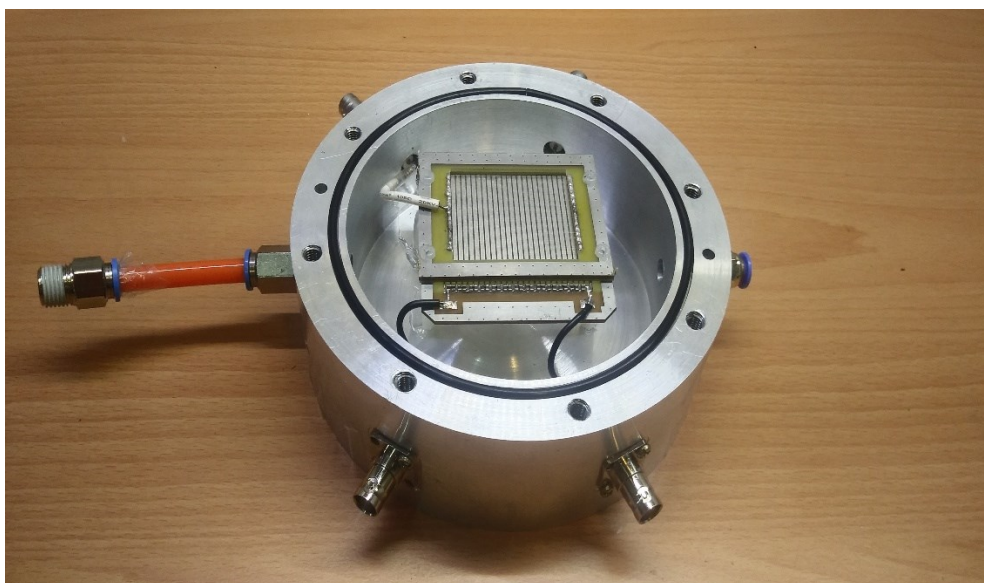
۴-۷ ساختار آشکارساز و چیدمان آزمایش

ساختمان آشکار تناسبی چند سیمی همانطور که در بخش قبل گفته شد شامل یک صفحه‌ی آند است که در فضای بین دو صفحه‌ی کاتد قرار گرفته است. یکی از صفحات کاتد و صفحه‌ی آند به صورت سیم و صفحه‌ی کاتد دوم به صورت استریپ است. شکل (۴-۱۲) صفحات کاتد و آند آشکارساز را نمایش می‌دهد.



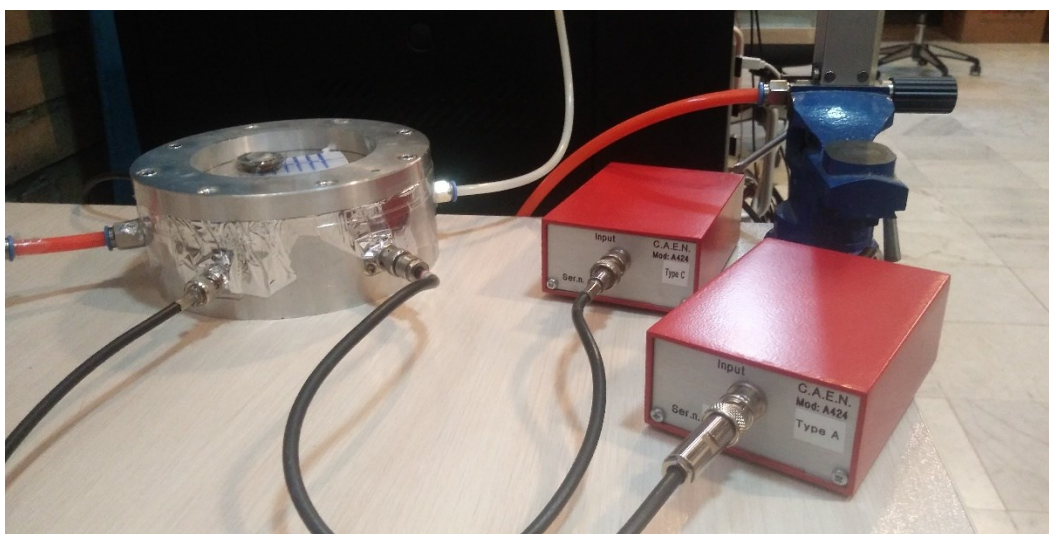
شکل ۴-۱۲: صفحات آند و کاتد در فاصله معین از هم

جنس سیم ها از تنگستن با روکش طلا و قطر آنها ۲۰ میکرومتر است. فاصله ی سیم ها در صفحه ی آند ۳ میلی متر و در صفحه ی کاتد اول ۲ میلی متر است. همچنین پهنای استریپ ها در کاتد دوم ۱,۵ میلی متر و فاصله ی آنها از هم ۰,۵ میلی متر است. محفظه ی آشکارساز، محفظه ای استوانه ای از جنس آلومینیوم با قطر ۱۰ سانتی متر و ارتفاع ۳,۹۵ سانتی متر است. فاصله دهنده از جنس فایبرگلاس با ضخامت ۱,۶ میلی متر است. شکل (۴-۱۳) تصویری از این آشکارساز را نمایش می دهد.



شکل ۴-۱۳: آشکارساز تناسبی چند سیمی

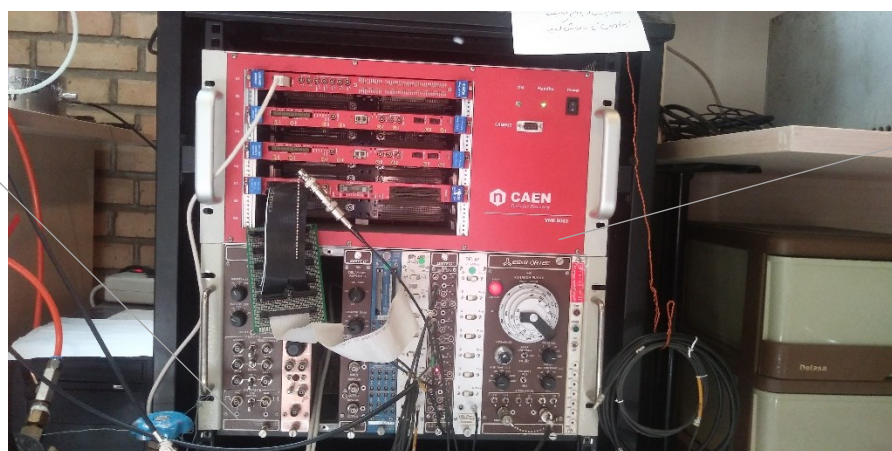
برای اندازه‌گیری قدرت تفکیک مکانی آشکارساز تناسبی چندسیمی حاضر، سیستم آزمایش شامل چند قسمت است. قسمت اول، منبع تغذیه ولتاژ بالا، آشکارساز و پیش تقویت کننده مناسب جهت تقویت سیگنال خروجی آشکارساز، قسمت دوم سیستم گاز و قسمت سوم سیستم الکترونیک جهت اندازه‌گیری اختلاف زمانی است. شکل‌های (۴-۱۴) تا (۴-۱۶) بخش‌های گفته شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۱۴: آشکارساز و پیش تقویت‌کننده



شکل ۴-۱۵: سیستم تزریق گاز



شکل ۴-۱۶: سیستم الکترونیک

الکترونیک
استاندارد
NIM

الکترونیک
استاندارد
VME

چشمه‌ی مورد استفاده در این آزمایش ^{241}Am است. تابش از پنجره‌ی ورودی آشکارساز وارد ناحیه فعال می‌شود. با گاز پرکننده اندرکنش می‌کند و در نهایت، در دوسر صفحه‌ی کاتد سیگنال خروجی خواهیم داشت. سیگنال خروجی آشکارساز جهت تقویت، وارد واحد پیش تقویت کننده می‌شود. سپس خروجی پیش تقویت کننده وارد ماژول تبعیضگر کسر ثابت شده و در گام بعد برای تبدیل سیگنال TTL به ECL از ماژول مبدل استفاده می‌کنیم. چیدمان کلی اجزای آزمایش در شکل (۴-۱۷) نمایش داده شده است. خروجی ماژول مبدل به ورودی TDC متصل شده و در نهایت اختلاف زمانی اندازه‌گیری می‌شود.

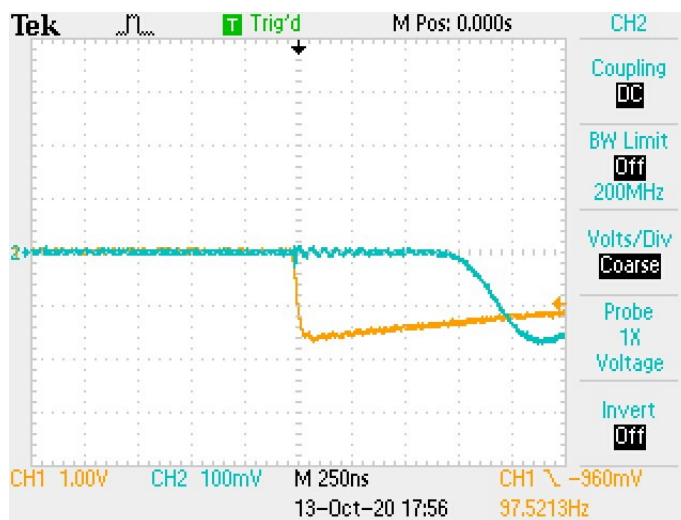


شکل ۴-۱۷: چیدمان اجزای آزمایش

۴-۸ تست میزان تاخیر در صفحه‌ی کاتد با سیگنال پالسر

تکنیک خط تاخیر بر مبنای استفاده از القاگر و خازن است. هر زوج القاگر و خازن را یک سلول در نظر می‌گیریم. مقدار تاخیر ایجاد شده را پارامتر القاگر و ظرفیت خازن تعیین می‌کنند. در این تحقیق مقدار القاگر $40\mu\text{H}$ و ظرفیت خازن 40pF است. در نتیجه به ازای هر سلول 40ns تاخیر خواهیم داشت. تعداد سلول‌ها در صفحه‌ی کاتد ۲۵ سلول است. برای تست مقدار تاخیر کلی، سیگنالی با استفاده از پالسر به یک

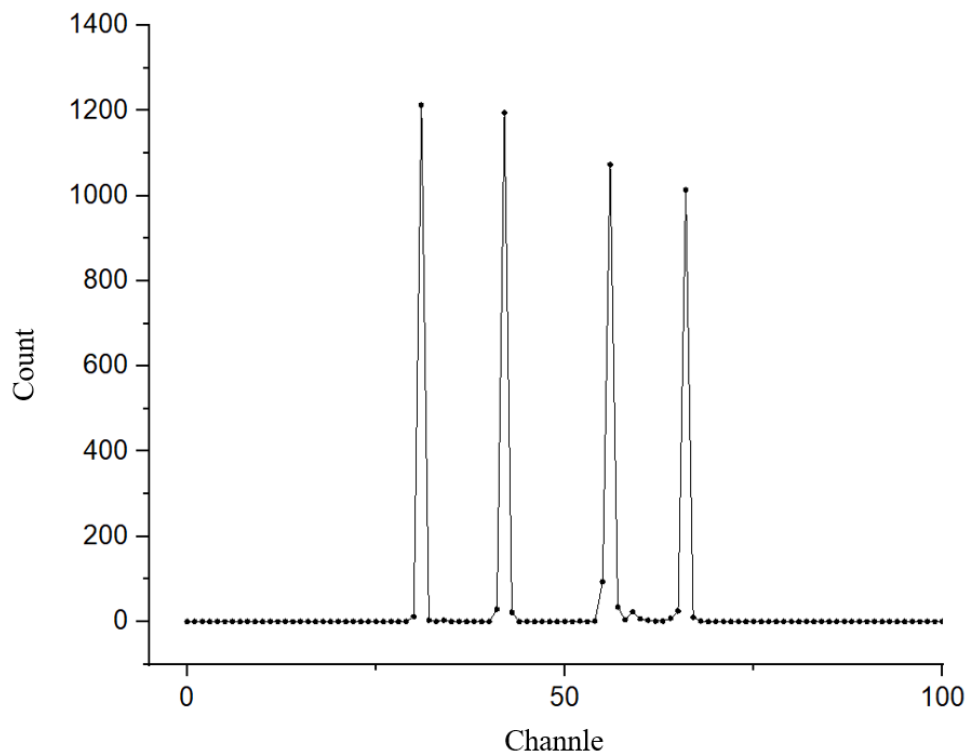
سر کاتد داده و سیگنال خروجی را از سر دیگر آن می‌گیریم. سیگنال پالس از تمام سلول‌ها عبور می‌کند. شکل (۴-۱۸) سیگنال‌های خروجی دوسر کاتد را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۱۸: سیگنال‌های خروجی از دو سر کاتد. به کمک پالس سیگنالی به یک سر کاتد داده و از سر دیگر آن خروجی گرفته می‌شود. سیگنال ورودی، سیگنال زرد رنگ و سیگنال خروجی سیگنال آبی رنگ است.

۴-۹ بدست آوردن قدرت تفکیک مکانی صفحه‌ی کاتد با سیگنال پالس

برای بدست آوردن قدرت تفکیک مکانی صفحه‌ی کاتد، پراب به پالس متصل شده است. یک سر پراب به زمین وصل می‌شود و سر دیگر آن را روی استریپ با فواصل مساوی حرکت می‌دهیم. سیگنال‌های خروجی از دو سر کاتد مجدد وارد سیستمی متشکل از تبعیضگر کسر ثابت، مبدل زمان به دامنه و MCA می‌شود. تصویر (۴-۱۹) جابه جایی قله بر اثر حرکت دادن پراب روی کاتد را نشان می‌دهد. در واقع با جابه جایی پراب، اختلاف زمانی سیگنال‌های دوسر کاتد تغییر می‌کند. بنابراین زمان در کانال‌های متفاوت MCA ذخیره می‌شود.



شکل ۴-۱۹ : طیف زمانی حاصل از حرکت پراب روی کاتد

پراب چهار بار و به فواصل مساوی روی استریپ‌ها حرکت داده شده است. لذا چهار قله داریم. میزان جابه جایی پراب روی استریپ‌ها و میزان جابه جایی شماره‌ی کانال‌ها مشخص است. در واقع با جابه جایی پراب قله‌ها جابه جا می‌شوند. میزان جابه جایی روی صفحه‌ی کاتد مشخص است. آنچه که محاسبه می‌شود این است که هر کانال در MCA معادل چند میلی‌متر در صفحه‌ی کاتد است. هربار پراب به میزان ۲,۵mm روی کاتد جابه جا شده است. جابه جایی به ازای یک کانال به صورت زیر محاسبه می‌شود.

برای قله‌ی اول و دوم داریم:

$$\frac{2.5mm}{11} = x \quad \rightarrow \quad x = 0.22mm$$

برای قله‌ی دوم و سوم داریم:

$$\frac{2.5mm}{14} = x \rightarrow x = 0.17mm$$

برای قله‌ی سوم و چهارم داریم:

$$\frac{2.5mm}{10} = x \rightarrow x = 0.25mm$$

همچنین برای قله‌ی اول و سوم داریم:

$$\frac{5mm}{25} = x \rightarrow x = 0.2mm$$

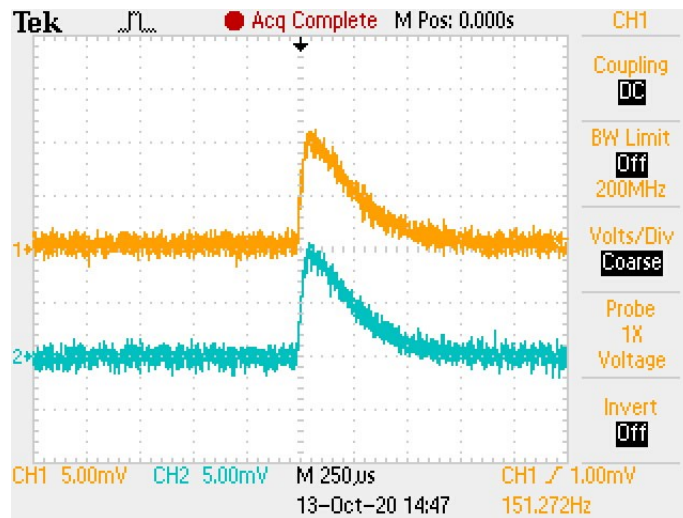
پهنای نیم ارتفاع قله‌ی اول 0.72Ch است. بنابراین می‌توان قدرت تفکیک مکانی را محاسبه کرد.

$$FWHM = 0.72Ch \rightarrow 0.72 * 0.22 = 0.15mm$$

میزان جابه‌جایی پراب روی استریپ‌ها می‌تواند مقادیر متفاوتی باشد. این جابه‌جایی می‌تواند به اندازه یک استریپ باشد. نکته اینجاست که وقتی که از پراب برای ایجاد سیگنال استفاده می‌شود در انتخاب میزان جابه‌جایی آزادی عمل بیشتری نسبت به زمانی که از چشمه استفاده می‌شود، وجود دارد.

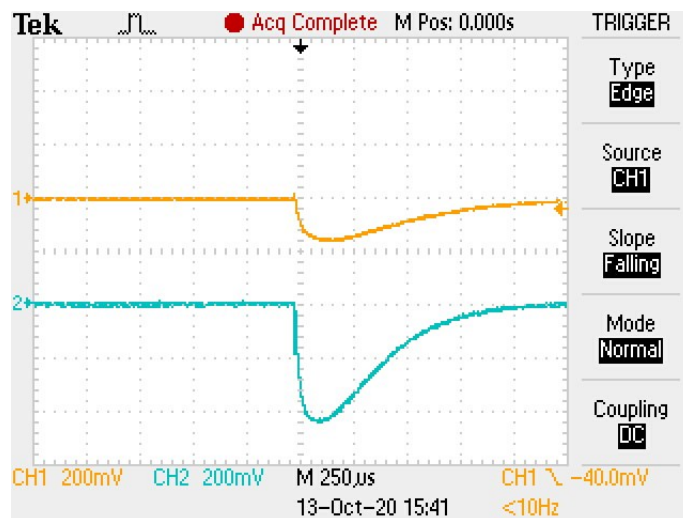
۴-۱۰ تست آشکارساز با گازدهی و در حضور چشمه

در این مرحله ابتدا آشکارساز گازدهی شده است. سپس چشمه در ورودی آشکارساز قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که چشمه روی یک قطعه پلکسی گلس به عنوان موازی‌کننده به ضخامت ۲mm و با حفره‌ای به قطر ۱mm قرار می‌گیرد. استفاده از پلکسی گلس به این علت است که آلفاهایی که با زاویه هستند حذف شوند و آلفاها تا حد ممکن به صورت عمودی وارد آشکارساز شوند. شکل (۴-۲۰) سیگنال‌های خروجی از دو سر کاتد را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۲۰: سیگنال خروجی از دو سر کاتد در حضور چشمه

همانطور که در شکل (۴-۲۰) دیده می‌شود، سیگنال خروجی آشکارساز سیگنال ضعیفی است و برای ارسال به واحد بعدی که تبعیضگر کسر ثابت است نیاز به تقویت دارد. برای این منظور از پیش تقویت کننده استفاده می‌شود. علاوه بر این، ورودی مازول تبعیضگر کسر ثابت منفی است بنابراین پیش تقویت کننده علاوه بر تقویت سیگنال، آن را معکوس نیز می‌کند. سیگنال خروجی پیش تقویت کننده در شکل (۴-۲۱) نمایش داده شده است.



شکل ۴-۲۱: سیگنال تقویت شده‌ی دو سر کاتد به وسیله‌ی پیش تقویت کننده

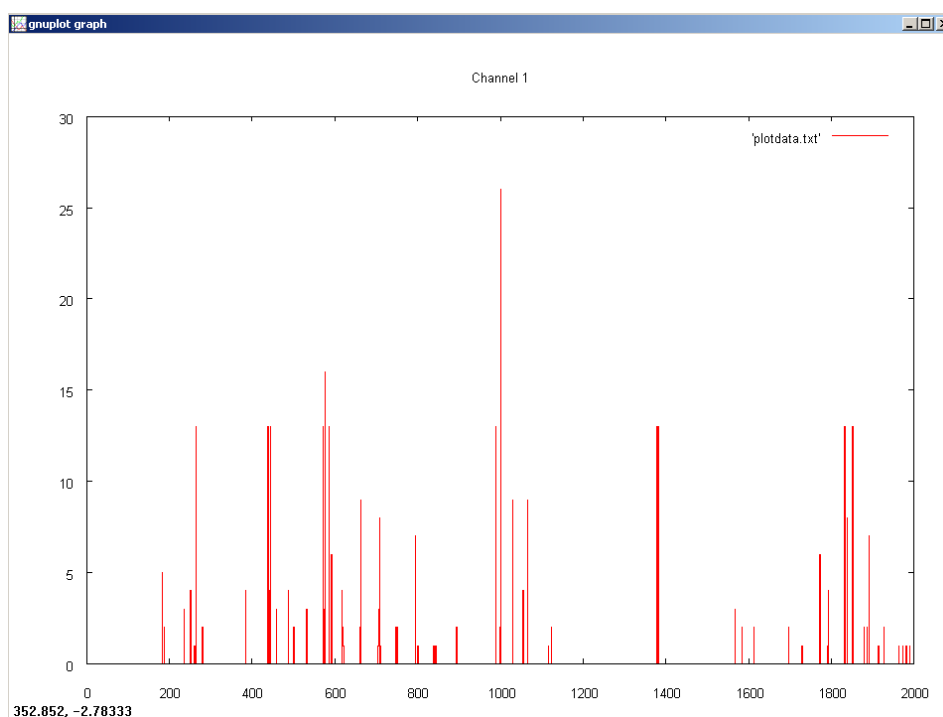
پس از واحد تبعیض‌گر کسر ثابت، از مبدل سیگنال و در نهایت TDC استفاده شده است. داده‌های خروجی TDC به صورت اعدادی در مبنای شانزده ذخیره می‌شوند. داده‌های خروجی TDC برای بازخوانی اطلاعات باید به مبنای دو تبدیل شوند. جدول (۴-۱) نمونه‌ای از داده‌های در مبنای دو را نمایش می‌دهد. این اعداد در مبنای دو، شامل اطلاعاتی از قبیل شماره کانال، قالب ذخیره داده و زمان ذخیره شده است.

جدول ۴-۲: داده‌های ماژول TDC

	TDC Measurement Identifier						Channel							Measurement																				Decimal	Hex
	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	832646	cb486	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	316824	4d598	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	619251	972f3	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	101424	18c30	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	77272	12dd8	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	603779	93683	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1057480	94f30	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1582032	17ad3	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	381615	f7396	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	906304	79ed3	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1430710	9e1ad	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1955262	1ffe0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	221532	abbc7	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	746222	abd40	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1270629	abfa1	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1795180	ac175	

۴-۱۰ طیف زمانی آشکارساز در حضور چشمه

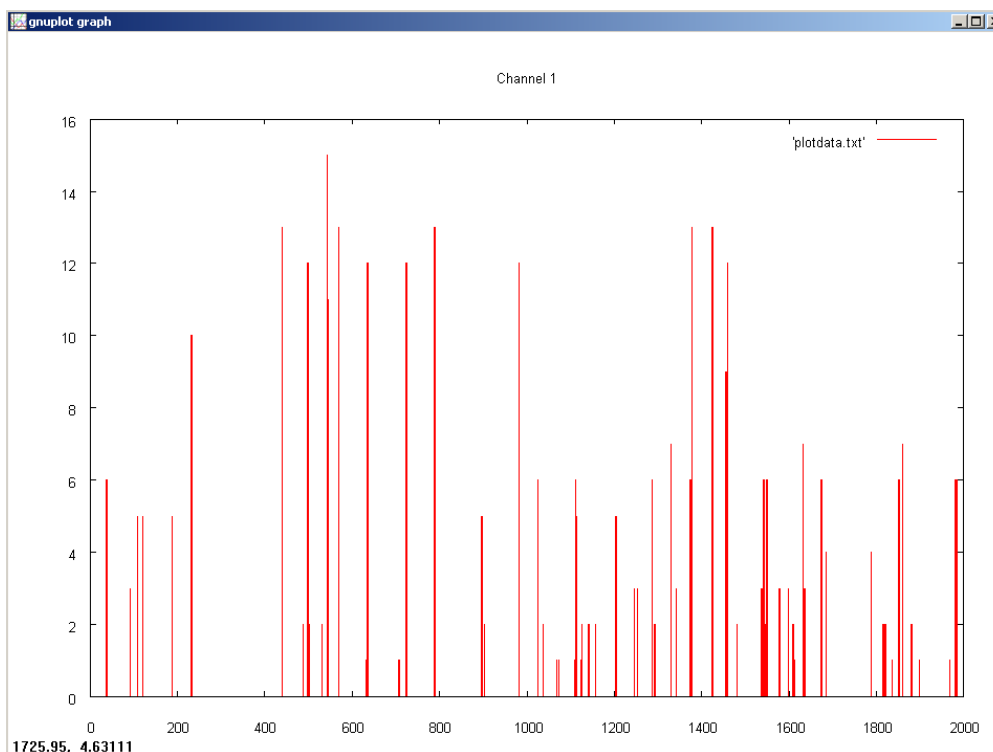
در این مرحله چشمه به وسیله‌ی یک موازی ساز^{۹۳} روی آشکارساز قرار داده شد. سیگنال‌های دو سر کاتد به ترتیب به واحد تقویت‌کننده، تبعیض‌گر کسر ثابت، ماژول مبدل TTL به ECL و در نهایت ماژول TDC داده می‌شوند. طیف زمانی خروجی در شکل (۴-۲۲) نمایش داده شده است. این طیف در بازه‌ی زمانی پنج دقیقه ثبت شده است. در حقیقت اختلاف زمانی سیگنال‌های دو سر صفحه‌ی کاتد در طیف ثبت شده است.



شکل ۴-۲۲: طیف زمانی حاصل از آشکارساز در حضور موازی‌ساز که با TDC گرفته شده است.

فرایند بالا را این‌بار بدون موازی ساز تکرار می‌شود و مجدد طیف زمانی حاصل از خروجی‌های دوسر کاتد ثبت می‌شود. طیف زمانی در غیاب موازی‌ساز در شکل (۴-۲۳) نمایش داده شده است. بازه‌ی زمانی ثبت طیف در این مورد از پنج دقیقه کمتر است.

⁹³ Collimator



شکل ۴-۲۳: طیف زمانی حاصل از آشکارساز در غیاب موازی‌ساز که با TDC گرفته شده است.

حالت ایده‌آل این است که فقط روی یک استریپ سیگنال داشته باشیم اما در واقعیت بهمن تشکیل شده روی استریپ‌های همسایه هم سیگنال ایجاد می‌کند لذا یک قله‌ی تیز و تک زمانه نخواهیم داشت. در عوض یک قله با پهنای مشخص داریم که نوک قله در واقع زمان مربوط به سیگنال استریپ اصلی است. پراکندگی در طیف زمانی می‌تواند منشا متفاوتی داشته باشد. در اینجا مهم‌ترین مساله زمان خیزش سیگنال است. زمان خیزش سیگنال تقریباً $30\ \mu\text{s}$ است بنابراین همانطور که در طیف زمانی دیده می‌شود پراکندگی زمانی گسترده است. از دیگر عوامل پراکندگی در طیف زمانی این است که ذرات آلفا هنگام عبور از پنجره ممکن است منحرف شوند و به عبارتی به صورت عمودی وارد آشکارساز نشوند. استفاده از موازی‌ساز برای اصلاح این اثر است. از طرفی عبور آلفا از پنجره، خود می‌تواند منجر به تولید ایکس مشخصه شود. مجموعه‌ی این عوامل منجر به تشکیل سیگنال روی چندین سیم و پراکندگی در طیف زمانی می‌شود. این فرآیند بدون حضور چشمه نیز تکرار شد اما در غیاب چشمه، تقریباً در خروجی آشکارساز سیگنالی دیده نشد.

۴-۱۱ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

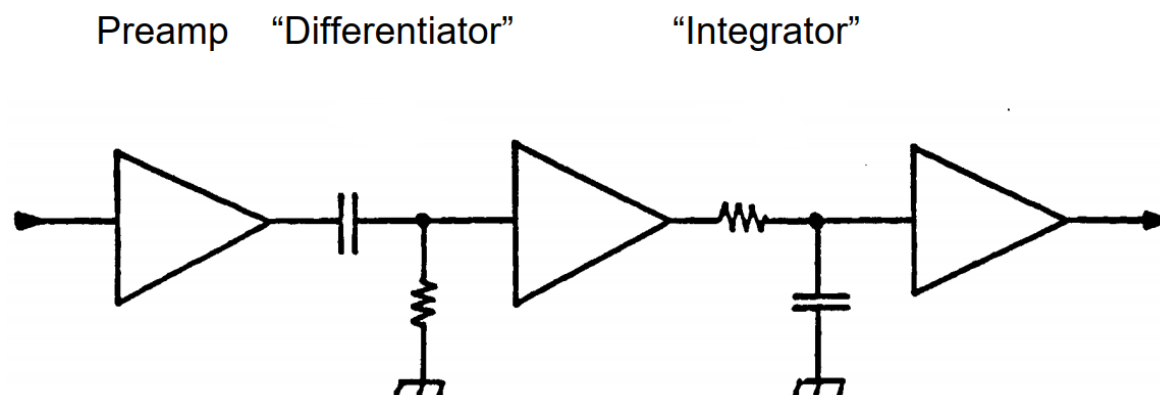
در این پایان‌نامه دو ماژول Digitizer و TDC از سری ماژول‌های الکترونیک استاندارد VME ساخت شرکت CAEN راه‌اندازی و داده‌گیری شدند. همچنین کدنویسی محدود برای آنالیز آفلاین اطلاعات به زبان C++ انجام شد. پالس خروجی آشکارساز یدور سدیم به وسیله‌ی ماژول Digitizer، دیجیتال شده و اصلاحات و فیلترهای مختلفی روی آن اعمال شد. اندازه‌گیری اختلاف زمانی در آشکارساز تناسبی چند سیمی با استفاده از ماژول TDC انجام شد. قدرت تفکیک مکانی صفحه‌ی کاتد در آشکارساز تناسبی چند سیمی در نهایت 0.15mm محاسبه شد.

زمان خیزش سیگنال پارامتر بسیار مهمی برای ادامه‌ی فرآیند اندازه‌گیری اختلاف زمانی سیگنال دو سر کاتد است. انتخاب مقدار C و L نقش تعیین کننده‌ای در زمان خیزش سیگنال دارند. در این تحقیق مقدار این دو پارامتر به گونه‌ای انتخاب شده که امپدانس کلی آشکارساز $1k\Omega$ باشد. با تغییر مقدار این دو پارامتر و انتخاب مقادیر بهینه، سیگنال سریع‌تری در خروجی خواهیم داشت. همچنین نوع چشمه‌ی مورد استفاده از اهمیت بالایی برخوردار است. برای کارایی بهتر آشکارساز می‌توان از چشمه‌ی ^{55}Fe یا لامپ اشعه‌ی ایکس استفاده کرد. همچنین به علت اینکه تکثیر بار جزء ویژگی‌های گاز مورد استفاده است، می‌توان با تغییر گاز نتایج بهینه‌تری بدست آورد. گاز کریپتون و یا زنون برای این منظور گزینه‌های مناسبی هستند.

پیوست الف

فیلتر گاوسی

فیلتر گاوسی یا همان فیلتر CR-RC متشکل از تعداد معینی جزء CR و RC است. جزء CR در واقع جزء مشتق گیر و جزء RC انتگرال گیر است. شکل الف-۱ آرایش یک فیلتر CR-RC را نمایش می‌دهد.



شکل الف-۱: فیلتر CR-RC

روابط مربوط به جزء CR به صورت زیر است:

$$\frac{dV_{in}}{dt}(t) = \frac{1}{C}i(t) + \frac{dV_{out}}{dt}(t) \quad (\text{الف-۱})$$

$$i(t) = \frac{V_{out}}{R} \rightarrow \frac{dV_{in}}{dt}(t) = \frac{1}{C} \frac{V_{out}}{R} + \frac{dV_{out}}{dt}(t) \quad (\text{الف-۲})$$

$$\tau = RC \rightarrow V_{out} + \tau \frac{dV_{out}}{dt}(t) = \tau \frac{dV_{in}}{dt}(t) \quad (\text{الف-۳})$$

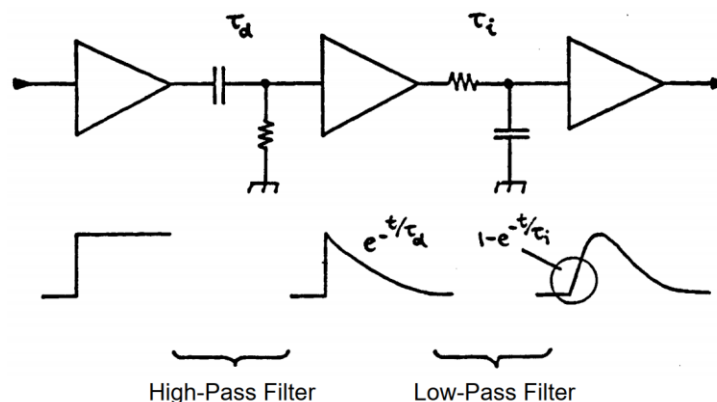
$$\text{اگر } \tau \frac{dV_{out}}{dt}(t) \ll V_{out} :$$

$$V_{out} = \tau \frac{dV_{in}}{dt}(t) \quad (\text{الف-۴})$$

بنابراین خروجی، برابر مشتق زمانی ورودی است و به این دلیل مشتق گیر نام دارد. برای ورودی پله‌ای داریم:

$$V_{out}(t) = V_{in} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (\text{الف-۵})$$

در واقع جزء مشتق گیر زمان افت پالس^{۹۴} (مدت زمانی که طول می‌کشد قسمت پایین رونده‌ی پالس از ۹۰ درصد به ۱۰ درصد برسد) را کاهش می‌دهد. از طرفی این جزء، فیلتر بالاگذر^{۹۵} نام دارد. به این معنی که تنها فرکانس‌های بیشتر از فرکانس قطع^{۹۶} $(\frac{1}{2\pi RC})$ عبور می‌شوند. برای جزء انتگرال گیر نیز روابط مشابهی استوار است. این جزء فیلتر پایین‌گذر^{۹۷} نام دارد. فیلتر پایین‌گذر، زمان خیزش پالس را افزایش می‌دهد. خروجی جزء مشتق گیر دو ویژگی نامطلوب دارد. اول اینکه نوک تیز پالس فرآیند تحلیل ارتفاع پالس را دشوار می‌کند و دوم اینکه تمام نویزهای با فرکانس بالا از آن عبور می‌کنند. اگر بعد از CR یک جزء RC قرار داده شود این اثرات نامطلوب اصلاح می‌شوند. شکل الف-۲ نمایی از فرآیند تغییر شکل سیگنال در عبور از این فیلتر را نمایش می‌دهد.



شکل الف-۲: تغییر شکل سیگنال در عبور از فیلتر گاوسی

^{۹۴} Fall time

^{۹۵} High pass filter

^{۹۶} Cutoff frequency

^{۹۷} Low pass filter

در حالتی که یک زوج CR-RC داشته باشیم برای ورودی پله‌ای داریم :

$$V_{out} = \frac{\tau_1 V_{in}}{\tau_1 - \tau_2} (e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}}) \quad (\text{الف-۶})$$

در بعضی از کاربردها، ثابت زمانی دو جزء یک مقدار مساوی است که در این صورت داریم [۴۵]:

$$V_{out} = V_i \frac{t}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (\text{الف-۷})$$

این روش درحالتی است که بخواهیم این فیلتر را به صورت سخت‌افزاری اعمال کنیم. در حالت پردازش دیجیتال پالس^{۹۸}، به سادگی با استفاده از کدنویسی مناسب می‌توان این فیلتر را با مرتبه‌ی دلخواه اعمال نمود. روابط زیر مربوط به اعمال دیجیتالی فیلتر گاوسی مرتبه‌ی یک تا چهار است.

CR-RC:

$$y[n] = 2\alpha y[n-1] - \alpha^2 y[n-2] + x[n] - \alpha (1 + aT) x[n-1] \quad (\text{الف-۸})$$

CR-RC²:

$$y[n] = 3\alpha y[n-1] - 3\alpha^2 y[n-2] + \alpha^3 y[n-3] + T\alpha((1-aT/2)x[n-1] - T\alpha^2(1+aT/2)x[n-2]) \quad (\text{الف-۹})$$

⁹⁸ Digital pulse processing

CR-RC³:

$$y[n] = 4\alpha y[n-1] - 6\alpha^2 y[n-2] + 4\alpha^3 y[n-3] - \alpha^4 y[n-4] + T\alpha^2(1/2 - ((aT/6) aT) x[n-1]) - ((2 - aT^3\alpha^2)/3) x[n-2] - T^2\alpha^3(1/2 + aT/6)x[n-3] \quad (\text{الف-۱۰})$$

CR-RC⁴:

$$y[n] = 5\alpha y[n-1] - 10\alpha^2 y[n-2] + 10\alpha^3 y[n-3] - 5\alpha^4 y[n-4] + \alpha^5 y[n-5] + (1/24)(-aT^4\alpha + (4 - T^3\alpha)x[n-1]) + (1/24)(-11aT^4\alpha^2 + 12T^3\alpha^2)x[n-2] + (1/24)((-12 - T^3\alpha^3) - 11aT^4\alpha^3)x[n-3] + (1/24)(-aT^4\alpha^4 - 4T^3\alpha^4)x[n-4] \quad (\text{الف-۱۱})$$

$$a = \frac{1}{\tau} \quad (\text{الف-۱۲})$$

$$\alpha = \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right) \quad (\text{الف-۱۳})$$

در روابط بازگشتی بالا $y[n]$ نمونه‌ای است که فیلتر برآن اعمال شده و $x[n]$ نمونه‌ی خام خروجی پیش‌تقویت‌کننده است. پارامتر τ همانطور که گفته شد ثابت زمانی و پارامتر T مدت پالس^{۹۹} است. به عبارتی فاصله‌ی زمانی بین نقطه‌ای که قسمت بالارونده‌ی پالس به کسر مشخصی از بیشینه ارتفاع برسد و نقطه‌ای که قسمت پایین‌رونده به همان ارتفاع می‌رسد، مدت پالس نام دارد [۴۴].

^{۹۹} Pulse duration

- [١] <https://home.cern/news/news/experiments/fifty-years-charpak-revolutionised-particle-detectors>
- [٢] F.Ortufio-Prados , C.Hall , W. Helsby, A. Jonesa, R. Lewis, B. Parker, J. Sheldon, A. Bazzanob, P. Ubertinib(1997) “A large area, 2-D, high-pressure MWPC for wide angle X-ray diffraction” J. of .Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 392 (1997) 47750.
- [٣] S S DESAI, J N JOSHI and A M SHAIKH(2002)“ Design and performance of a 2-D multi-wire position sensitive X-ray detector”PRAMANA journal of physics , Vol. 59, No. 4 October 2002, pp. 611–619.
- [٤] F. Fernández, Member, IEEE, I. Ramos-Lerate, M. Kocsis, J. C. Martínez, D. Beltrán, J. Bordas, and J. Toledo(2006) “ Study and Optimization of Multiwire Proportional Chambers for Synchrotron Facilities ” IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 53, NO. 2, APRIL 2006.
- [٥] G.Charpak “ Application of proportional chambers and drift chambers in high-energy physics and other fields ” Nature Vol. 270 8 December 1987.
- [٦] D. BADE, F. PA'RAK, R.L. MÖSSBAUER, W. HOPPE, N. LEVAI and G. CHARPAK “ DEVELOPMENT OF A MULTIWIRED PROPORTIONAL CHAMBER AS AN AREA SENSITIVE DETECTOR FOR X-RAY PROTEIN CRYSTALLOGRAPHY ” Nuclear Instruments and Methods 201 (i 982) 193-196 North-Holland Publishing Company.
- [٧] Selig M. Kaplan, Bruce A. Director, Victor Perez-Mendez, Kenneth H. Valentine “ DIGITAL NEUTRON RADIOGRAPHY USING PLANE CONVERTERS WITH MULTIWIRED PROPORTIONAL CHAMBERS ” LBL—14714, DE82 020294
- [٨] Fabio Sauli “APPLICATIONS OF GASEOUS PARTICLE DETECTORS IN PHYSICS AND MEDICINE” EUROPEAN LABORATORY FOR PARTICLE PHYSICS, CERN-PPE/94- 196, 30 November 1993.

- [٩] Louis Costrell (1970), “ Development and Current Status of the Standard Nuclear Instrument Module(NIM) System ” Center for Radiation Research National Bureau of Standards Washington, D.C., Nat. Bur. Stand. (U.S.), Tech. Note 556, 15 pages (Oct 1970).
[١٠] <https://www.vita.com/page-1855175>
- [١١] U.S. NIM Committee (1990) “Standard NIM Instrumentation System ” US. Department of Energy Office of Energy Research Office of Health *and* Environmental Research Washington, D.C 20545, DOE/ER--O457T DE90 010387.
- [١٢] Model 4002D “NIM Bin Power Supply” Operating and Service Manual.
- [١٣] Nicholas Tsoulfanidis, Sheldon Landsberger. (2015), “MEASUREMENT DETECTION of RADIATION” CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [١٤] 473A “ Constant-Fraction Discriminator ”.
- [15] Model 935 “ Quad Constant-Fraction ” 200-MHz Discriminator Operating and Service Manual.
- [١٥] Model 567 “ Time-to-Amplitude Converter, Single-Channel Analyzer ” Operating and Service Manual.
- [١٧] Model 414A “Fast Coincidence ” Operating and Service Manual.
- [١٨] David Bell,(1981)“ Solid State Pulse Circuits”.
- [١٩] <http://www.fnal.gov/projects/ckm/jlab/4616-spec.htm>
- [٢٠] Technical Information Manual, Revision n.11, 14 September 2017, MOD. VME8100 14 September 2017 Revision n.11 VME64/64X 21 Slot 8U Crate Series.
- [٢١] Technical Information Manual, Revision n. 10, July 3rd, 2018, MOD. V1718 • VX1718 SERIES July 3rd, 2018 Revision n. 10 VME - USB 2.0 BRIDGE MANUAL REV. 10.
- [٢٢] Technical Information Manual, Revision n. 22, 29 April 2013, MOD. V1721-V1731 8 CH. 8 BIT 500 MS/s 1 GS/s DIGITIZER MANUAL REV.22.
- [٢٣] Technical Information Manual, Revision n. 14, 29 November 2016, V1190A A/B, VX1190 A/B, MULTIHIT TDCs MANUAL REV.14

- [۲۴] Glenn F. Knoll. (2010), “Radiation Detection and Measurement” University of Michigan, John Wiley & Sons, Inc.
- [۲۵] Michael G. Stabin. (2008), “RADIATION Protection and Dosimetry” Springer.
- [۲۶] Stevan A. Milinkovic, “Application of an ionization chamber as a gas sensor” Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 408 (1998) 562–572.
- [۲۷] VICTOR V. VERBINSKI and RAFFAELE GIOVANNIN, “PROPORTIONAL COUNTER CHARACTERISTICS, AND APPLICATIONS TO REACTOR NEUTRON SPECTROMETRY” NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS II 4 (1974) 205-231.
- [۲۸] A.R.Jones R.M.Holford, “Application of Geiger-Müller counters over a wide range of counting rates” Nuclear Instruments and Methods 189 (1981) 503-509.
- [۲۹] S. Gerdung, P. Pihet, J.E. Grindborg, H. Roos, U.J. Schrewe, H. Schuhmacher, “Operation and Application of Tissue Equivalent Proportional Counters” Radiation Protection Dosimetry, Volume 61, Issue 4, 1 September 1995, Pages 381–404.
- [۳۰] M. Farahmand, A.J.J. Bos, J. Huizenga and C.W.E. van Eijk, “A new Tissue-Equivalent Proportional Counter design” Radiation Technology Group, IRI Delft University of Technology.
- [۳۱] Roberto Mantovan and Marco Fanciulli, “Development of a parallel-plate avalanche counter to perform conversion electron Mössbauer spectroscopy at low temperatures” AIP, REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 78, 063902 (2007).
- [۳۲] Daisuke Ohsawa, Sei Masaoka, Rintaro Katano, Yasuhito Isozumi, “Resolution of a position-sensitive proportional-counter with a resistive anode wire of carbon Fiber” Applied Radiation and Isotopes 52 (2000) 943-954.
- [۳۳] g.charpak, cern ‘Multiwire Chambers, Drift Chambers and Some of their Applications’.

[۳۴] Hannah Klingenmeyer, "Invention and development of the multiwire proportional chamber", Seminar on Nobel Prizes in Particle Physics, University of Heidelberg, November 27, 2015.

[۳۵] هاله کرمی، مرتضی جعفرزاده خطیبانی، جواد رحیقی، زهره کارگر (۱۳۹۴) "طراحی، شبیه سازی و ساخت یک نمونه اتاقک گازی پرتوی ایکس حساس به موقعیت" مقاله نامه دومین کنفرانس ملی شتاب دهنده‌ها و کاربرد آنها، آذر ۱۳۹۴.

[۳۶] G. CHARPAK, R. BOUCLIER, T. BRESSANI, J. FAVIER and C. ZUPANCIC, "THE USE OF MULTIWIRED PROPORTIONAL COUNTERS TO SELECT AND LOCALIZE CHARGED PARTICLES "NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS 62 (1968) 262-268.

[۳۷] J. J. KOZYCZKOWSKI and J. BIALKOWSKI "AMPLITUDE AND RISE TIME COMPENSATED TIMING OPTIMIZED FOR LARGE SEMICONDUCTOR DETECTORS" NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS 137 (1976), 75-83.

[۳۸] Nicholas Petrick, Neal H. Clinthorne, W. Leslie Rogers and Alfred O. Hero "First Photoelectron Timing Error Evaluation of a New Scintillation Detector Model" IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL.38, NO. 2. APRIL 1991.

[۳۹] Bernard GOTTSCHALK "TIMING DISCRIMINATOR USING LEADING-EDGE EXTRAPOLATION" Nuclear Instruments and Methods 190 (1981) 67-70.

[۴۰] R. Nutt, D. A. Gedcke and C. W. Williams "A COMPARISON OF CONSTANT FRACTION AND LEADING EDGE TIMING WITH NaI(Tl) SCINTILLATORS" ORIEC, Inc . 100 Midland Road Oak Ridge, Tennessee 37830 .

[۴۱] R. E. BELL "COMPARISON OF LEADING-EDGE AND CROSSOVER TIMING IN COINCIDENCE MEASUREMENTS" NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS 42 (1966) 211—212.

[۴۲] V. RADEKA “ TRAPEZOIDAL FILTERING OF SIGNALS FROM LARGE GERMANIUM DETECTORS AT HIGH RATES ” Brookhaven National Laboratory, Upton, N.Y. 11973, U.S.A.

[۴۳] S.H. Byun, MEDPHYS4RA3, 4RB3, 6 R03, Radiation & Radioisotope Methodology I & II.

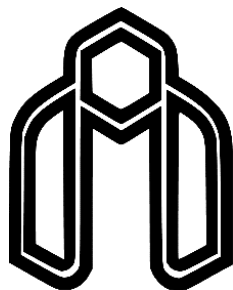
[۴۴] M. Nakhostin, “ Recursive Algorithms for Real-Time Digital Pulse Shaping ”, IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 58, NO. 5, OCTOBER 2011.

[۴۵] Helmuth Spieler, “Introduction to Radiation Detectors and Electronics”, 16-Feb-99 V.3. Semiconductor Detectors - Resolution and Signal-to-Noise Ratio.

Abstract

MWPC detector used in various cases where low dead time, large active area, availability of position and energy information simultaneously are concerned. X ray diffraction investigation, synchrotron radiation detection, high energy physics, crystallography, low energy neutron imaging and nuclear medicine are some of MWPC detector applications. In this thesis, time resolution of MWPC detector has been resolved using two nuclear electronics, namely, NIM and VME standard electronics. VME standard electronics has lots of advantages comparing NIM standard electronics. In this thesis that has been done in Institute for research in fundamental sciences (IPM), Iranian Light Source Facility (ILSF), Controller module V1718, TDC module V1190A and Digitizer module V1721 of CAEN Company with VME standard have been used. Moreover, to analyse Digitizer data, a code has been written in C++ language.

Key words: Gas Detectors, position sensitive detectors, MWPC detector, VME standard electronics, TDC



Shahrood University Of Technology

Faculty of Physics and Nuclear Engineering

M.Sc. Thesis in Nuclear Physics

**Resolving Position Resolution of a 2D MWPC Detector using a
Pico-Second TDCs Module**

By : Fatemeh Afrasiabi

Supervisors :

Dr. Moslem Souhani and Dr. Javad Rahighi

Consulting Supervisor :

Dr. Hadi Behnamian

October 2020