الف- عنوان تحقیق

۱- عنوان به زبان فارسی:

شبیه سازی و آنالیز مدولاتور سیگما دلتا ولتاژ پایین و کم مصرف برای کاربردهای پزشکی

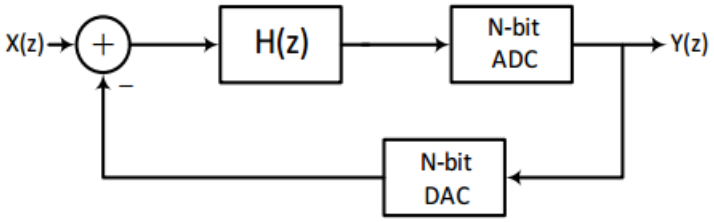
Simulation and analysis of low voltage and low power sigma delta modulator for medical applications

ج- بیان مسأله اساسي تحقيق به طور كلي (شامل تشريح مسأله و معرفي آن، بيان جنبه‌هاي مجهول و مبهم، بيان متغيرهاي مربوطه و منظور از تحقيق) :

مدولاسیون[1] دیجیتال در تکنولوژی‌های روز دنیا مانند مخابرات و تجهیزات بیسیم[2] و فیبر نوری، جهت انتقال داده به کار برده می‌شود. مزیت این نوع از مدولاسیون، ارسال داده با نرخ بیشتر و خطایابی آسان‌تر و سادگی قرار دادن کدهای مختلف جهت ارسال و دریافت داده به منظور رسیدن به ظرفیت شانون است. امروزه محققان در حال پژوهش روی انتقال داده با نرخ ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه جهت ارسال داده با نرخ بیشتر هستند. اهمیت مدولاسیون‌ها تا جایی است که چندین سال پیش، کابل‌های فیبر نوری بین قاره‌ای کشیده شد و امروزه فیبرهای نوری با سرعت بالایی داده‌ها را منتقل می‌کنند به گونه‌ای که مدولاسیون دیجیتال جز جدانشدنی آن‌ها است. از طرفی، در سال‌های اخیر مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال کاربردهای گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌ها خصوصاً در صنعت و تجهیزات پزشکی قابل حمل مانند الکتروکاردیوگرام[3]، الکتروانسفالوگرام[4] داشته‌اند. رشد روزافزون تکنولوژی و تقاضا برای به‌کارگیری سیستم‌های الکترونیکی قابل‌حمل، مانند وسایل ارتباطی بیسیم و دستگاه‌های پزشکی، نیاز به طراحی مدارهای با توان و ولتاژ کم را افزایش داده است. مجتمع‌سازی تجهیزات سیلیسیومی، مشکلات قابل ملاحظه‌ای از جمله بالارفتن توان مصرفی و به‌تبع آن، افزایش دما در وسیله الکترونیکی را ایجاد نموده است که با روش‌های مناسب و ظهور ترانزیستورهای با سرعت بالا و پهنای باند وسیع، طراحی مدارهای مجتمع و مدارهای با توان کم، ساده‌تر شده و مشکلات فوق‌الذکر حل شده است. با طراحی مدارهای با ولتاژ پائین، تعداد سلول‌های باتری در وسایل قابل‌حمل کاهش می‌یابد که همین امر، باعث کاهش وزن و ابعاد این وسایل شده، توان مصرفی را کاهش می‌دهد. کاهش توان مصرفی در مدارهای الکترونیکی، این امکان را فراهم می‌کند که مدت طولانی‌تری از باتری تعبیه‌شده در دستگاه‌های پزشکی استفاده شود. دستگاه‌های پزشکی مدرن که توان مصرفی پایین‌تری دارند، می‌توانند امکان نظارت طولانی‌مدت بر روی اطلاعات پزشکی افراد، مانند اطلاعات نوار قلب و نوار مغز را فراهم کنند. اگر توان مصرفی در دستگاه‌های پزشکی بالا باشد، معایبی نظیر تعویض مکرر باتری، عوارض الکتریکی و ایجاد گرما را به همراه خواهد داشت. همچنین این دستگاه‌ها برای قابلیت حمل‌ونقل راحت‌تر، باید کوچک و سبک باشند. به‌طورکلی، دستگاه الکترونیکی پزشکی شامل بلوک‌های تقویت‌کننده ابزار دقیق، فیلتر ضدتداخلی، مبدّل آنالوگ به دیجیتال و سیستم پردازش سیگنال دیجیتال است. تبدیل آنالوگ به دیجیتال، بخش مهمی از پردازش سیگنال، خصوصاً در دستگاه‌های پزشکی است؛ زیرا تمام سیگنال‌های دریافت‌شده معمولاً به‌صورت آنالوگ هستند و برای پردازش این سیگنال‌ها، ابتدا باید آنها را توسط مبدّل آنالوگ به دیجیتال، به سیگنال دیجیتال تبدیل کرد. برای کاربردهای پزشکی، مانند ایمپلنت‌های حلزونی، سمعک و دستگاه ثبت سیگنال‌های عصبی، محدوده فرکانسی سیگنال‌های حیاتی از DC تا ۱۰کیلوهرتز و توان مصرفی باید در محدوده چند میکروواوت تا چند میلی‌وات باشد. برای دستیابی به این محدوده توان مصرفی باید از تکنیک‌ها و بلوک‌های با توان مصرفی کم استفاده کرد. مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال از نظر فرکانس نمونه‌برداری به دو دسته نرخ نایکوئیست و مبدل‌های فرانمونه‌بردار تقسیم می‌شوند. مبدل‌های نرخ نایکوئیست با حداقل نرخ نایکوئیست که دو برابر پهنای باند سیگنال ورودی است، کار می‌کنند. این مبدل‌ها برای کاربردهای با سرعت بالا و دقت کم مناسب بوده و امکان ساخت این مبدل‌ها در دقت‌های بالا به‌دلیل غیرایده‌آل بودن مدارآنالوگ امکان‌پذیر نیست. مبدل‌های فرانمونه‌بردار، چندین برابر بیشتر از مبدل‌های نرخ نایکوئیست، عمل نمونه‌برداری از سیگنال را انجام می‌دهند که باعث می‌شود این مبدل‌ها دقت بالایی داشته باشند. دقت بالای سیستم‌های الکترونیکی، از ملزومات کاربردهای پزشکی است؛ چراکه شدت سیگنال‌های زیستی ضعیف است و سیستم دریافت-کننده سیگنال پزشکی باید سیگنال‌های با شدت حدود صفر تا ۲۰ میلی‌ولت را استخراج و تقویت کند. مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال فرانمونه‌بردار یا مبدل‌های سیگما دلتا در ساختار خود، یک مدولاتور دارند که این مدولاتور سیگما دلتا از انتگرالگیر، فیلتر دیجیتال پایین‌گذر، جمع‌کننده، کوانتایزر و یک مبدل دیجیتال به آنالوگ تک‌بیتی تشکیل شده است. اساس عملکرد مدولاتور سیگما دلتا به این صورت است که سیگنال آنالوگ در مسیر پیشرو پس از عبور از کوانتایزر به سیگنال دیجیتال تبدیل شده، توسط یک مبدل دیجیتال به آنالوگ، به ورودی مدولاتور ارجاع داده می‌شود و بعد از مقایسه با ورودی، نویز کوانتیزاسیون توسط حلقه فیلتر حذف می‌شود و درنهایت، در خروجی مدولاتور یک سیگنال دیجیتال بدون نویز خواهیم داشت. مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال سیگما دلتا می‌توانند سیگنال‌های رادار، پزشکی، صوتی و غیره را پردازش کنند. نکته حائز اهمیت برای پردازش سیگنال‌های

[1] Modulation
[2] Wireless
[3] ECG
[4] EEG

پزشکی در مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال سیگما دلتا این است که توان مصرفی باید بسیار کم و در عین حال باید نسبت سیگنال به نویز با افزایش فرکانس نمونه‌برداری، به اندازه کافی زیاد باشد. ازآنجایی‌که بلوک‌های انتگرال‌گیر و کوانتایزر در مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، بیشترین توان مصرفی را دارند، برای کاهش توان مصرفی در این مبدل‌ها باید تقویت‌کننده و مقایسه‌گر به‌نحوی انتخاب شوند که توان مصرفی کمی داشته باشند. ساختار کلی مدولاتورهای سیگما دلتا در شکل زیر نشان داده شده است. عملکرد مدولاتور سیگما دلتا بدین گونه است که نویز سفید کوانتایزر را به یک نویز رنگی تبدیل می‌کند که قسمت عمده توان آن در خارج از باند موردنظر متمرکز شده است. اگر سیگنال خروجی مدولاتور سیگما دلتا وارد فیلتر پایین‌گذر شود، مقدار نویزی که در داخل باند است، باقی می‌ماند و نویزهای خارج از باند حذف خواهند شد. بنابراین، نسبت سیگنال به نویز و درنتیجه دقت مبدّل، افزایش می‌یابد. کاهش توان مصرفی مدولاتورهای سیگما دلتا برای کاربردهای پزشکی، بسیار حائز اهمیت است که می‌توان با انتخاب ساختار مناسب و همچنین بلوک‌های مداری با توان مصرفی کم به این مطلوب رسید. با توجه به اینکه مدولاتورهای تک حلقه نسبت به ساختار چندحلقه، به تطبیق و اثرات غیرایده‌الی مدارهای آنالوگ حساسیت ندارند، در این پژوهش از ساختارهای تک حلقه استفاده می‌شود. این نوع مدولاتورها به مدارهای آنالوگ با مشخصه‌های پایینتری نیاز دارند که آنها را برای کاربردهای پزشکی مناسب می‌سازد لذا موجب می‌شود که در ولتاژهای پایین‌تری موردتوجه قرار بگیرند که کاهش توان مصرفی را در پی دارد. بنابراین در این پژوهش مدولاتور سیگما-دلتا مرتبه اول، مرتبه دوم و مرتبه سوم با ساختار تک حلقه در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از پیاده‌سازی مدولاتور در متلب و اسپایس، طیف‌های خروجی مدولاتور برحسب فرکانس محاسبه می‌گردد تا بتوان بهترین طراحی و ساختار را برای کاربردهای پزشکی که نیازمند توان مصرفی پائین و ولتاژ پائین هستند را به‌دست آورد.



د - اهميت و ضرورت انجام تحقيق (شامل اختلاف نظرها و خلاءهاي تحقيقاتي موجود، ميزان نياز به موضوع، فواید احتمالي نظري و عملي آن و همچنين مواد، روش و يا فرآيند تحقيقي احتمالاً جديدي كه در اين تحقيق مورد استفاده قرار مي‌گيرد:

با توجه به اینکه شدت سیگنال‌های تولید شده توسط ارگان‌های مختلف بدن، پائین می‌باشد، لذا جمع‌آوری و پردازش سیگنال‌های زیستی امری ضروری می‌باشد. بنابراین باید از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتالی استفاده نمود که علاوه بر بازده مناسب تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال، مصرف انرژی آن مینیمم باشد. سیستم دریافت سیگنال‌های زیستی باید سیگنال‌های با شدت mv ۲۰-۰ را استخراج و تقویت کند. رزولوشن بالای مبدل های سیگما دلتا اجازه می‌دهد تا سیگنال های با دامنه پائین را مستقیماً و بدون استفاده از تقویت کننده های ابزار دقیق به دست آورد. سیگنال‌های بزرگ را می‌توان بدون اشباع به سیگناهای دیجیتال تبدیل نموده و سیگنال‌های با دامنه پائین را می‌توان با رزولوشن قابل مقایسه با روش‌های معمولی بازیابی کرد. لذا با توجه به اینکه دقت و صحت ثبت و پردازش سیگنال‌های زیستی امری ضروری می‌باشد، طراحی یک مبدل آنالوگ به دیجیتال با دقت بالا و مصرف انرژی پائین حائز اهمیت می‌باشد.

و – جنبه جديد بودن و نوآوري در تحقيق:

در این پژوهش انواع مدولاتورهای سیگما-دلتا در نرم افزار متلب و اسپایس شبیه‌سازی می‌گردد تا بتوان توان و ولتاژ مصرفی مدولاتور را کاهش داد. همچنین با استفاده از دو بلوک تاخیری پیش‌رونده برای کاهش نویز، یک الگوریتم جدید، پیاده‌سازی می‌شود.

ز- اهداف مشخص تحقيق (شامل اهداف آرماني، كلي، اهداف ويژه و كاربردي):

- طراحی یک مدولاتور سیگما-دلتا ولتاژ پاین برای کاربردهای پزشکی
- بهینه‌سازی توان مصرفی مدولاتور
- بهینه سازی ولتاژ مصرفی مدولاتور

ح – در صورت داشتن هدف كاربردي، نام بهره‌وران (سازمان‌ها، صنايع و يا گروه ذينفعان) ذكر شود (به عبارت ديگر محل اجراي مطالعه موردی):

- قابل استفاده توسط کلیه سازندگان تجهیزات پزشکی الکترونیکی جهت تولید تجهیزاتی مانند نوار قلب و نوار مغز و ....

ط- سؤالات تحقیق:
- آیا مدولاتور سیگما-دلتا توانائی تبدیل داده‌ها با رزولوشن بالا دارد؟
- آیا استفاده از دو برابرکننده ولتاژ باعث افزایش محدوده DR مدولاتور می‌شود؟
- آیا امکان استفاده از مدلاتور دلتا سیگما چند مرحله‌ای به صورت آبشاری (به سمت پایین و زیاد)، باند گذر و یا موازی وجود دارد؟

ی- فرضیه‌هاي تحقیق:
-مدولاتور سیگما-دلتا توانائی تبدیل داده‌ها با رزولوشن بالا دارد.
- استفاده از دو برابرکننده ولتاژ باعث افزایش محدوده DR مدولاتور می‌شود.
- امکان استفاده از مدلاتور دلتا سیگما چند مرحله‌ای به صورت آبشاری (به سمت پایین و زیاد)، باند گذر و یا موازی وجود دارد.

ک- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فني و تخصصی (به صورت مفهومی و عملیاتی):
- مدولاتور سیگما- دلتا : مبدل‌های دلتا- سیگما از رایج ترین نوع مبدل‌های بیش نمونه‌بردار هستند که علاوه ویژگی فرانمونه-برداری، به علت برخورداری از ساختار حلقه بسته و توانایی شکل‌دهی به نویز، امکان دستیابی به دقت‌های بالا را فراهم آورده‌اند.
- مبدل آنالوگ به دیجیتال: سیگنال‌های آنالوگ را دریافت نموده و به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌نماید.
- خطای کوانتیزاسیون: اختلاف بین ورودی و خروجی می‌باشد که توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$E_q = Q(x) - x \qquad -q/2<e_q(n)<q/2$

<u>ه-روش شناسي تحقیق:</u>

الف- شرح كامل روش تحقیق بر حسب هدف، نوع داده ها و نحوه اجراء (شامل مواد، تجهیزات و استانداردهاي مورد استفاده در قالب مراحل اجرايي تحقیق به تفكيك):
تذكر: درخصوص تفكيك مراحل اجرايي تحقیق و توضیح آن، از به كار بردن عناوين كلي نظير، «گردآوري اطلاعات اوليه»، «تهيه نمونه‌هاي آزمون»، «انجام آزمايش‌ها» و غيره خودداري شده و لازم است در هر مورد توضیحات كامل در رابطه با منابع و مراكز تهيه داده‌ها و ملزومات، نوع فعاليت، مواد، روش‌ها، استانداردها، تجهیزات و مشخصات هر يك ارائه گردد.
در این پژوهش، مدولاتور سیگما-دلتا مرتبه اول، مرتبه دوم و مرتبه سوم در محیط نرم‌افزار متلب و نرم افزار Hspice شبیه-سازی می‌گردد و نتایج بدست آمده با داده‌های موجود در مقالات مقایسه گردیده و به یک طراحی بهینه می‌رسیم.

ب- متغيرهاي مورد بررسي در قالب یک مدل مفهومی و شرح چگونگی بررسی و اندازه گیری متغیرها(در صورت وجود وامكان):
ولتاژ به عنوان یک متغییر مستقل که توان مصرفی مدولاتور و عملکرد آنرا تحت تاثیر قرار داده.
نویز وارده نیز به عنوان متغییر وابسته که باعث دقت نتایج شده و دقت کلی مدولاتور را تعیین میکند.
سیگنال آنالوگ بعنوان متغییر مستقل که منشاء آن فعالیتهای زیستی میباشد.
سیگنال دیجیتال متغییر وابسته که با توجه به فرآیند تبدیل از حالت آنالوگ به دیجیتال تبدیل میشود.

.

د – جامعه آماري، روش نمونه‌گيري و حجم نمونه (در صورت وجود و امكان):

هـ - روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها:

- نرم‌افزار متلب
- نرم‌افزار H-Spice