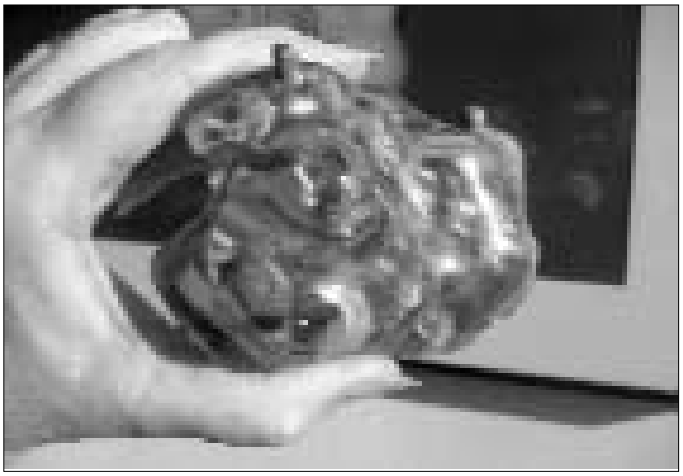
مهندس سید محمد امین مقدس
گروه مهندسی پزشکی، دانشکده برق، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر بهنام باستانی؛ دکتر حمید ابریشمی مقدم
دکتر شهریار غریب زاده
آزمایشگاه سیستم های عصبی-عضلانی
دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه امیرکبیر

طراحی و ساخت دستگاه هموگلوبین متر دو اشعه ای

راهی آسان برای اندازه گیری هموگلوبین

یک مولکول هموگلوبین از دو جفت زنجیره پلی پپتیدی a و b (گلوبین) و چهار گروه پروستتیک هم، که هر کدام حاوی یک اتم آهن دو ظرفیتی است، تشکیل یافته است. هر هم قابلیت ترکیب با یک مولکول اکسیژن یا دی اکسید کربن به صورت برگشت پذیر را دارد. هر گرم هموگلوبین در صورت اشباع کامل، ۱/۳۴ میلی لیتر اکسیژن در بر دارد در این مقاله به بررسی سیستم ساخته شده دستگاه هموگلوبین متر دو اشعه ای پرداخته شده است



میزان هموگلوبین در پرخونی و در حالت افزایش غلظت خون (در سوختگی، استفراغ شدید و اسهال)، افزایش و در آنمی های مختلف، مصرف داروهای ایجاد کننده آنمی آپلاستیک یا همولیز و در فقر آنزیم G6PD (گلوکز ۶ فسفات دهیدروژناز)، کاهش می یابد. محدوده هموگلوبین برای افراد سالم مطابق جدول زیر است:

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

روش متداول برای اندازه گیری میزان هموگلوبین روش فتومتری (سیانومت هموگلوبین)، دراین روش غلظت رنگ هموگلوبین بوسیله لیز شدن گلبول های قرمز (شکستن غشای آنها) برای آزاد کردن هموگلوبین اندازه گیری می شود.

آماده سازی نمونه

در روش سیانومت هموگلوبین خون کامل به همراه ماده ضد انعقاد، سیترت تری سدیم دو آبه، (به نسبت ۱/۲-۱/۵ میلی گرم به ازای هر میلی لیتر خون) تهیه می گردد که این محلول در یخچال ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت پایدار و قابل نگهداری است و از محلول درابکین (فری سیانید پتاسیم و سیانید پتاسیم) برای رقیق کردن خون استفاده می شود (به نسبت ۲۰ میکرولیتر خون به ۵ ml درابکین).

قانون بیر لامبرت

اساس کار فتومتر بر پایه قانون بیر-لامبرت است طبق نظر بیر، هر گاه یک دسته شعاع نور تکفام q_0 از محلولی به غلظت C عبور کند، کم شدن شدت نور متناسب با غلظت ماده جاذب نور در محلول است.

با توجه به مطالب گفته شده قانون بیر-لامبرت به شکل زیر بیان می شود:

$$q = q_0 e^{-aCb}$$

مقدار نور جذب شده به غلظت ماده رنگی و مسافتی که نور طی می کند بستگی دارد. هر چه غلظت و مسافت طی شده بیشتر باشد، مقدار نور جذب شده بیشتر خواهد بود. در رابطه فوق، q_0 توان تشعشعی ورودی به نمونه، P توان تشعشعی خروجی از نمونه، a ضریب جذب نمونه، که وابسته به طبیعت ماده جاذب نور و طول موج نوری است، طول مسیر پیموده شده توسط نور (طول کووت)، و C غلظت ماده جاذب نور است.

طرز کار دستگاه هموگلوبین متر دواشعه ای

در شکل (۱) بلوک دیاگرام یک دستگاه هموگلوبین ترسیم شده که ارتباط بین قسمت های مختلف این دستگاه را نمایش می دهد

طرز کار دستگاه هموگلوبین متر دواشعه ای

دستگاه هموگلوبین متر دواشعه ای از دو کانال مجزا و مشابه تشکیل شده است، که هر کدام از کانال ها جداگانه شامل یک LED به صورت حروفی دو عدد لنز و دیافراگم، کووت، محل نگهداری کووت و آشکار ساز نوری است، که در مسیر اپتیکی کانال نمونه، کووت حاوی هموگلوبین به همراه محلول معرف درابکین و در مسیر اپتیکی کانال مرجع کووت حاوی فقط محلول معرف درابکین قرار داده می شود.

منبع نورها در نقطه کانونی عدسی همگرایی قرار گرفته است، لذا بعد از اینکه از لحاظ میزان تابش نوری و دمایی به حالت پایدار رسیدند، دو دسته نور مجزای موازی شده و محدود

شده، توسط دیافراگم های روی عدسی، وارد محفظه های نمونه و مرجع شده واز مسیر کووت ها عبور داده می شود.

قسمتی از نورمربوط به کانال نمونه جذب محلول نمونه شده و بخشی از آن خارج می شود. شدت نور خروجی کمتر از شدت نور ورودی به کووت ها است، به همین ترتیب قسمتی از نورمربوط به کانال مرجع جذب محلول معرف شده و بخشی از آن خارج می شود. نورهای خروجی از کووت ها پس از عبور از عدسیِ دیگری موجود در مسیرشان، روی آشکارساز (مبدل نور به فرکانس) مربوط به خود که در نقطه کانون عدسی قرار گرفته است، متمرکز می شود. در نهایت فرکانس خروجی سنسورها توسط تایمر و کانترهای میکروکنترلر 8052 شمارش و از هم کم می شود تا جذب نوری فقط هموگلوبین به دست آید، (به عبارتی فرکانس حاصل از آشکارساز مربوط به کانال نمونه، که متناسب با جذب حلال و ماده حل شونده است بایداز فرکانس حاصل از آشکار ساز مربوط به کانال مرجع که متناسب با جذب حلال است، با روتین خاصی کم شود تافقط جذب مربوط به ماده حل شونده به دست آید)، سپس با انجام پردازش های لازم، نتایج محاسبه شده به صورت غلظت (که متناسب با میزان جذب نوری هموگلوبین در طول موج ۵۴۰ نانومتر است) بر روی نمایشگر LCD نمایش داده می شود.

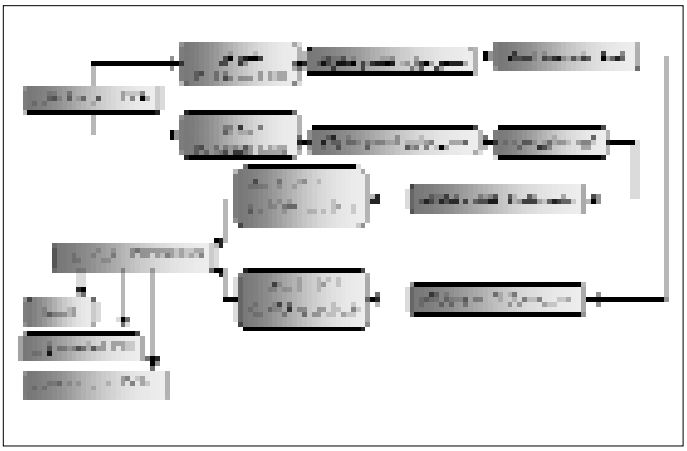
طراحی سخت افزار سیستم

مدار تثبیت نور لامپ

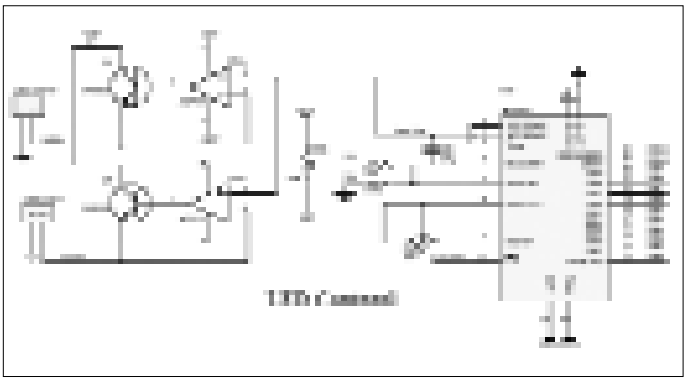
جهت طراحی منبع تغذیه لامپ با قابلیت تنظیم ولتاژ و کنترل خاموش و روشن شدن لامپ از روش های مختلفی می توان استفاده کرد. یک راه دقیق برای تنظیم ولتاژ استفاده از رگولاتورهای دقیق است. برای تولید منبع تغذیه دقیق با رزالوشن بالا می توان از D/Aها برای تولید ولتاژهای دقیق با محدوده نسبتاً وسیع استفاده کرد. با توجه به اهمیت تثبیت نور لامپ در طول انجام آزمایش، از مدار شکل (۲) استفاده شده است.

مدار آشکارساز نوری

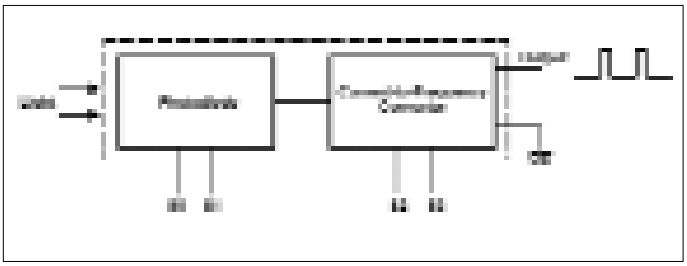
برای اندازه گیری نور عبوری از کووت، از آشکارسازهای نوری TSL230 استفاده شده است. این آشکار سازها به صورت آی سی های ۸ پایه بوده که علاوه بر اندازه گیری نور و تبدیل آن به



شکل ۱: بلوک دیاگرام اجزای تشکیل دهنده دستگاه هموگلوبین متر دو اشعه ای



شکل ۲: شماتیک مدار تثبیت نور لامپ



شکل ۳: بلوک دیاگرام آشکارساز نوری TSL۳۲

جریان معکوس در فتودیود، دارای یک بخش مبدل جریان معکوس فتودیود، به فرکانس است.

در شکل (۳) بلوک دیاگرامی از این آی سی ترسیم شده است.

خروجی این آی سی ها قابل تنظیم است و می تواند به صورت قطار پالس و یا موج مربعی با duty cycle=50% باشد. فرکانس خروجی با نور ورودی رابطه مستقیم دارد. محدوده حساسیت این آی سی در شکل (۴) نشان داده شده است.

طراحی بخش مکانیکی

قسمت های مکانیکی دستگاه را می توان به ۴ قسمت، تقسیم کرد که عبارت است از: بدنه، محفظه اپتیکی، محفظه نمونه و محفظه و پایه آشکارسازی

بدنه

شکل (۵) بدنه دستگاه را نشان می دهد. بدنه دستگاه از دو قسمت مجزا تشکیل یافته است: شاسی و روپوش فوقانی.

شاسی که بر روی آن تمامی قسمت ها نصب می شود و از یک فیبر چوبی به ابعاد ۳۲x۱۳ سانتی متر و ضخامت دو میلی متر تشکیل شده است.

شماتیک روپوش فوقانی نیز در شکل نشان داده شده است که از ورق آهن یک میلی متر ساخته شده است. بر روی روپوش فوقانی محل قرارگیری، کلیدها و درب دستگاه تعبیه شده است. زاویه قرار گرفتن LCD، ۴۵ درجه در نظر گرفته شده است، تا بیشترین تابش نور را از LCD حاصل شود و نوشته ها به راحتی دیده شود. درب محفظه ها نیز قسمتی از روپوش فوقانی است.

محفظه اپتیک

محفظه اپتیک شامل پایه لامپ و دیواره های حایل نور است. این محفظه از دقت بسیار بالایی برخوردار است زیرا کوچکترین اختلاف در تغییر فاصله عدسی ها و LED ها مشکلات بسیاری بر عملکرد سیستم تحمیل خواهد کرد.

محفظه نمونه

محفظه نمونه که در جهت عبور نور بعد از محفظه اپتیکی قرار دارد، چند وظیفه مهم بر عهده دارد اول آنکه نمونه آزمایش را به گونه ای در جهت نور عبوری قرار دهد که انجام این عمل به طور دقیق تکرارپذیر باشد و نور از درون نمونه عبور کرده و از عدسی نصب شده روی دیواره دیگر محفظه گذشته و خارج شود. دوم آنکه اجازه ورود نور از منابع دیگر بجز نوری با طول موج مورد نظر از محفظه اپتیک را ندهد. بنابراین درب محفظه با برآمدگی که در قسمت پله ای بالای محفظه می نشیند، طراحی گردیده است. برای آنکه دست به راحتی در درون محفظه اپتیکی وارد شود و کووت ها را درون پایه ها قرار دهد، ابعاد محفظه ۶x۰۱ سانتی متر در نظر گرفته شده است. کووت ها با قرارگیری در پایه نگهدارنده کووت در مقابل نور قرار می گیرد.

محفظه و پایه آشکارسازی

محل آشکارساز نوری را به گونه ای باید در نظر گرفت که تقریباً از تمام سطح حساس فتودیود استفاده شود و نیز همیشه باید از رسیدن نور مزاحم محیطی به آن جلوگیری کرد.

نتایج و یافته های تحقیق

در این پروژه دستگاه هموگلوبین متر دواشعه ای با قابلیت تکرارپذیری نتایج و با دقت اندازه گیری بالا ساخته شد و صحت عملکرد و نتایج دستگاه با آزمایش های مختلف مورد تایید قرار گرفت.

جهت کالیبراسیون دستگاه و تبدیل خروجی دستگاه (فرکانس) به غلظت، از ۱۵ نمونه خونی موجود در آزمایشگاه هماتولوژی بیمارستان "هدایت" که با ماده ضدانعقاد همراه بوده و با محلول درابکین آماده سازی شده بودند، استفاده شد.

داده های حاصله در نرم افزار MATLAB مورد تحلیل قرار گرفت و بعد از Fit کردن یک خط به کمک همین نرم افزار حول داده ها، فرمول زیر جهت تبدیل فرکانس (خروجی دستگاه) به معیار غلظت بدست آمد:

که C غلظت هموگلوبین خون و Freq. فرکانس خروجی دستگاه است ◀

مراجع

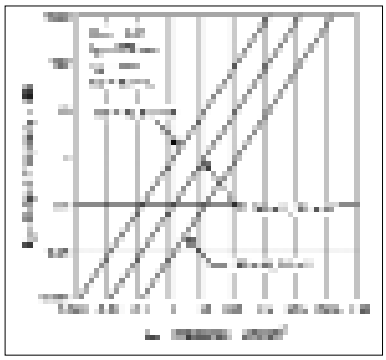
[۱] پروفسور آرتور گایتون، فیزیولوژی پزشکی، ترجمه دکتر فرخ شادان، انتشارات چهر، ۱۳۸۰.

[۲] دکتر حمید رضا سقا، "کتاب جامع تجهیزات و فرآورده های آزمایشگاهی"، انتشارات کتاب میر، ۱۳۸۲.

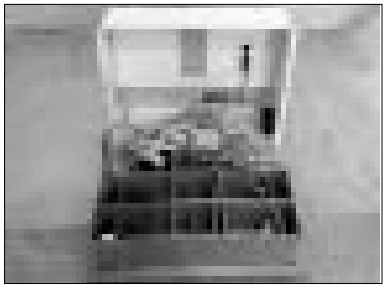
[3] P. Horowitz & W. Hill, "The Art of Electronics", second edition, Cambridge University Press, 1989.

[4] "TSL230 Datasheet", Texas Advanced Optoelectronic Solutions, TAOS, 2000.

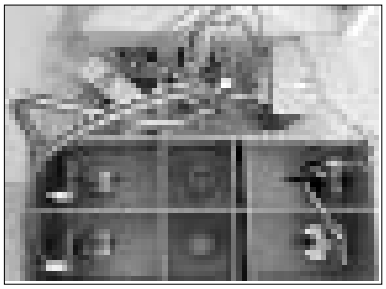
[5] Robert B. Northrop, "Noninvasive Instrumentation and Measurement in Medical Diagnosis", CRC Press, 2002.

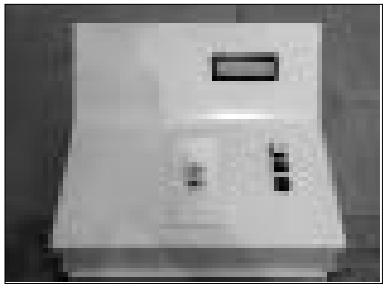


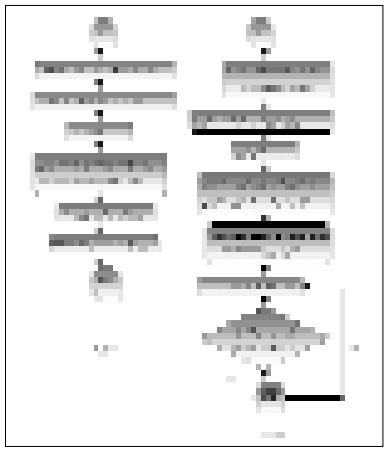
◀شکل٤: محدوده حساسیت آشکارسازهای نوری TSL۰۳۲



◀شکل(۵): نمای داخلی و بیرونی دستگاه







◀شکل(۶): الف: فلوچارت روتین کالیبراسیون، ب: فلوچارت روتین اندازه گیری