طراحی و ساخت دستگاه تنظیم pH محلول خودکار به روش بازخورد لحظه‌ای

حامد خرمی[1*]، سمیه مهدیان[1]، سید سلمان ذکریایی[1و2]، میثم عزیزنژاد[1]

۱) مرکز رشد فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

۲) گروه فیزیک پزشکی، دانشکدهٔ پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۸

چکیده

ارزیابی میزان اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها در بسیاری از صنایع مانند صنایع غذایی، پزشکی، مهندسی شیمی، صنایع پتروشیمی، کشاورزی، دامپروری، آزمایشگاه‌های صنعتی و... کاربرد دارد. با توجه به اهمیت pH، اندازه‌گیری pH به‌صورت پرتابل و ایستگاهی بسیار مرسوم و جزء جدایی‌ناپذیر این بررسی‌ها است. در بسیاری از این اقدامات و مطالعات، باید یک محلول با pH مطلوب تهیه شود؛ بنابراین، لزوم وجود دستگاهی که بتواند میزان pH محلول را به‌صورت لحظه‌ای کنترل و مجدداً تنظیم کند، بسیار ضروری است. در این مطالعه، یک دستگاه سنجش pH محلول مجهز به تنظیم‌کنندهٔ خودکار pH به روش بازخورد لحظه‌ای توصیف می‌شود. هدف از طراحی و ساخت این سیستم، ایجاد یک دستگاه تنظیم‌کنندهٔ pH خودکار بدون دخالت دست برای محلول‌های سمی و خطرناک است که امکان تنظیم دقیق pH مدنظر در کمترین زمان ممکن را داشته باشد. این دستگاه با قابلیت تنظیم خودکار pH محلول، مجهز به یک واحد اندازه‌گیری pH است که در هر لحظه می‌تواند مقدار pH محلول را ارائه دهد. کاربر مقدار pH مدنظر را تعیین می‌کند و دستگاه تصمیم می‌گیرد که برای رسیدن به نقطهٔ هدف، از مخزن اسید یا باز مرجع استفاده نماید. همهٔ این عملیات می‌تواند به‌صورت کاملاً خودکار یا دستی انجام شود. مقدار خطای (تلرانس) دستگاه در تنظیم خودکار pH محلول ۲ درصد است که در معیار سنجش pH بسیار ناچیز است.

واژه‌های کلیدی: pH، دستگاه سنجش pH، تنظیم خودکار pH محلول، تنظیم pH محلول به روش بازخورد لحظه‌ای

* نویسنده مسئول: مرکز رشد فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

Email: hamedkhorami@yahoo.com

Copyright © 2019 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]

[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

مقدمه

pH واژه‌ای است که برای تعریف میزان یون‌های معادل هیدروژن موجود در محلول استفاده می‌شود. اندازه‌گیری میزان اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها در بسیاری از صنایع مانند صنایع غذایی، دارویی، مهندسی شیمی، صنایع پتروشیمی، کشاورزی و دام‌پروری، تصفیه‌خانه‌ها، آزمایشگاه‌های صنعتی، پزشکی و سایر صنایع کاربرد دارد. در آزمایشگاه ژنتیک، برای غربالگری جنین‌های مذکر یا مؤنث، از تزریق یک محلول با pH مشخص استفاده می‌شود که ضمن حفظ بافت سلول‌های جنین با جنسیت مدنظر سبب می‌گردد جنین‌های مخالف از بین بروند. از این روش در درمان نازایی به روش IVF استفاده می‌شود که تحت عنوان غربالگری جنسیت شناخته می‌شود (۱-۳). در صنایع غذایی، کنترل سطح pH مرحله‌ای اساسی در تولید محصولات با کیفیت بالا است. در هنگام فرآوری مواد غذایی، مدیریت و حفظ مقدار بهینهٔ pH در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی بسیار مهم است (۴)؛ به‌عنوان‌مثال، pH کنترل نشده در طول مراحل تولید ماست، به طعم نامطلوب، تغییر رنگ و... محصول منجر می‌شود. سطح مناسب pH نه‌تنها برای طعم، ظاهر و کیفیت دلخواه فراورده لازم است، بلکه حفظ pH مناسب یکی از نیازهای سلامت مواد غذایی است. نظارت بر سطح pH همچنین می‌تواند در ارزیابی تازگی و تشخیص باکتری‌های کشنده مانند بوتولیسم در غذاها کمک‌کننده باشد. میان تازگی غذا و سطح pH همبستگی و رابطهٔ معناداری وجود دارد (۵).

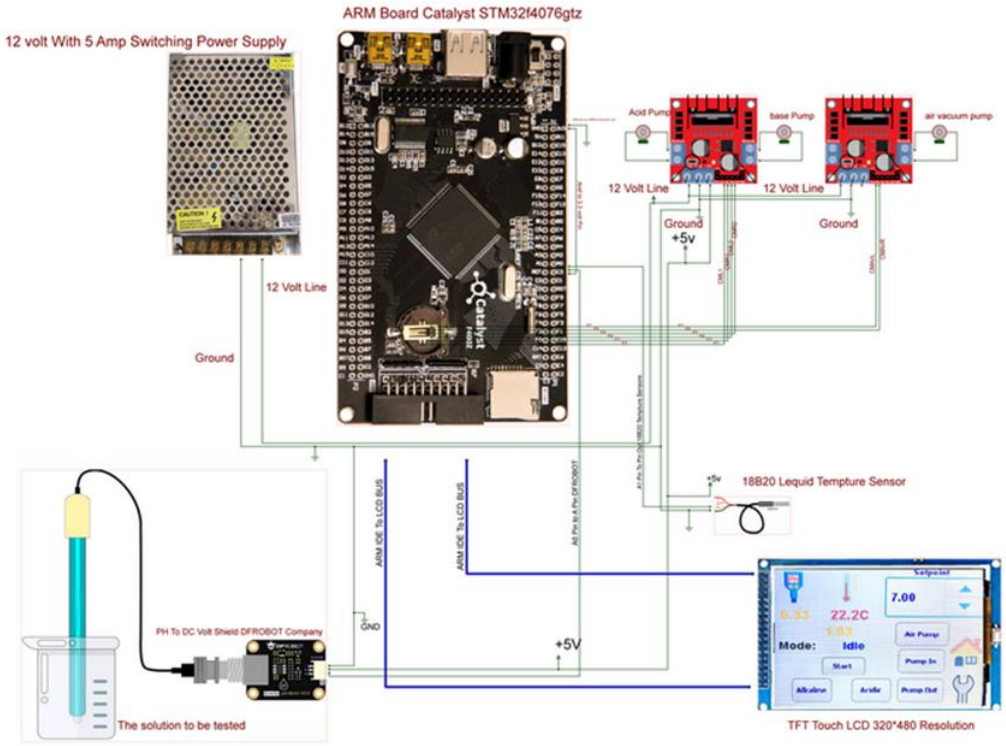
همچنین pH عامل مهمی در بازسازی بافت‌های موجودات زنده است و محدودهٔ نرمال pH در هنگام بهبود بافت بین ۵/۷ تا ۷/۸ است. بسیاری از مطالعات، همبستگی روند بهبودی با مقادیر pH را گزارش کرده‌اند (۶). امکان کنترل سوختگی و تشخیص وجود باکتری با مانیتورینگ و مدیریت pH ناحیهٔ درمان ممکن است (۸، ۷). میان مقدار pH و بسیاری دیگر از شرایط پزشکی و بیماری‌ها همبستگی و رابطهٔ معناداری وجود دارد. در این صنایع یا آزمایشگاه‌های بالینی، میزان pH محلول همواره باید در یک سطح خاص، ثابت باشد. با توجه به اهمیت pH، اندازه‌گیری pH به‌صورت پرتابل و ایستگاهی در همهٔ آزمایشگاه‌های مواد غذایی و پزشکی بسیار مرسوم و جزء جدایی‌ناپذیر این بررسی‌ها است؛ همچنین در بسیاری از اقدامات و مطالعات، یک محلول با pH مطلوب تهیه می‌شود؛ بنابراین، لزوم وجود دستگاهی که بتواند میزان pH محلول را به‌صورت لحظه‌ای، کنترل و مجدداً تنظیم کند، بسیار ضروری است. در این مطالعه بر آنیم تا یک دستگاه تنظیم‌کنندهٔ pH خودکار به روش بازخورد لحظه‌ای را توصیف کنیم. این دستگاه طراحی و ساخته‌شده مربوط به فرایندهای آزمایشگاهی، صنعتی و به‌طور ویژه، فرایند اندازه‌گیری pH و تنظیم pH یک محلول است.

دستگاه طراحی و ساخته‌شده: در دستگاه‌های اندازه‌گیریpH موجود در بازار، تنها به اندازه‌گیری pH به راه‌های گوناگون پرداخته‌شده و با تغییر حس‌گر و سازوکار این اندازه‌گیری‌ها، به ارتقای عملکرد دستگاه در شرایط مختلف اقدام گردیده است. وجه تمایز اصلی این دستگاه طراحی و ساخته‌شده نسبت به نمونه‌های مشابه، تنظیم خودکار pH محلول است. در واحد اندازه‌گیری این دستگاه جدید، یک همزن نیز تعبیه‌شده است که در طول آزمایش، همواره سبب همگن شدن محلول و اندازه‌گیری صحیح‌تر pH محلول می‌گردد. در این بخش، ابتدا توضیحات مربوط به دستگاه تنظیم‌کنندهٔ pH بیان می‌شود و سپس دو ویژگی تنظیم خودکار pH محلول و اندازه‌گیری pH محلول با جزییات ذکر می‌گردد.

نقشهٔ فنی دستگاه طراحی و ساخته‌شده در شکل شمارهٔ ۱ نشان داده‌شده است. با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینهٔ قطعات الکترونیک و سخت‌افزارهای وابسته به آن، در حال حاضر بیشتر دستگاه‌ها بر اساس بردهای توسعه نظیر بردهای Arduino، ARM و Raspberry pi و... طراحی می‌شوند. در این دستگاه برای ارتقای سرعت پردازش و با توجه به استفاده از نمایشگر TFT لمسی، از برد توسعهٔ ARM با شماره کاتالیست STM32F407ZGT6 استفاده‌شده است.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

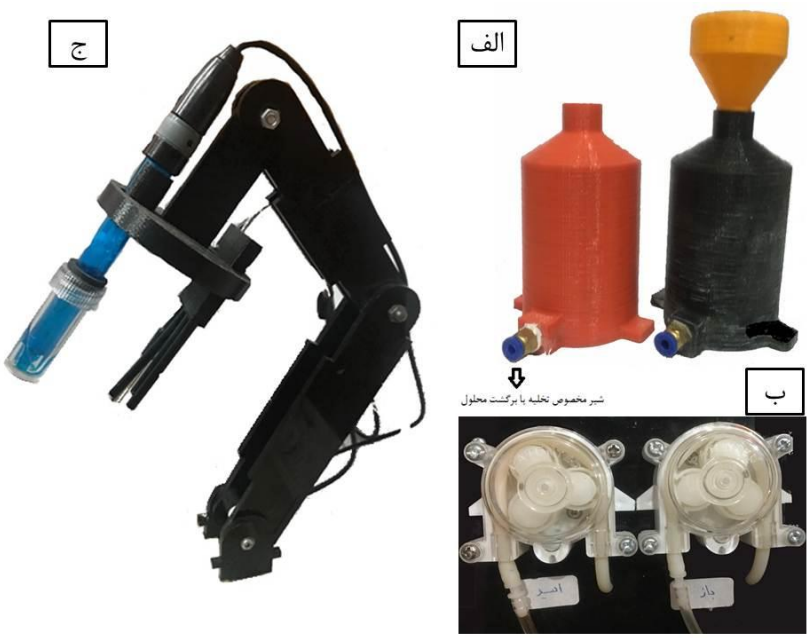
به‌صورت کلی، اجزای این دستگاه را می‌توان به چهار بخش تجهیزات ورود داده، بخش پردازش اطلاعات، تجهیزات بخش تزریق و پمپاژ و تجهیزات مـــربوط به منبع تغذیه دستگاه تقسیم کرد که در ادامه، هـــرکدام از این بخـــش‌ها به‌تفصیل بیان می‌شوند.



شکل شمارهٔ ۱. نقشهٔ فنی و اتصالات دستگاه تنظیم pH محلول خودکار

نحوهٔ کار با بخش پایه و تزریق: به‌منظور تشریح چگونگی ساخت و به‌کارگیری این دستگاه، ابتدا به بخش تجهیزات پایهٔ دستگاه پرداخته می‌شود. دو ظرف برای تهیهٔ اسید (Acid-Container) و باز (Base-Container) با غلظت معین در نظر گرفته‌شده است. این دو ظرف از جنس ABS و توسط پرینتر سه‌بعدی ساخته‌شده است. ظروف یادشده در شکل شمارهٔ ۲ الف نشان داده‌شده است. بر روی این ظروف، دو عدد شیر نصب گردیده که به پمپ‌های اسید و باز وصل می‌شوند.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]



شکل شمارهٔ ۲. الف. مخازن نگهداری محلول اسید و باز مرجع با غلظت‌های مشخص؛ ب. پمپ‌های تزریق اسید و باز؛ ج. بازوی اندازه‌گیری، تزریق و همزن

همان‌طور که در شکل شمارهٔ ۲ ب نشان داده‌شده است، دستگاه دو عدد موتورپمپ کوچک دارد که در دستگاه‌های با مقیاس صنعتی می‌تواند بزرگ‌تر باشند. در این موتورپمپ‌ها، با هر بار فشار پره بر روی شلنگ تعبیه‌شده حول محور آن، مقدار خاص از محلول خارج می‌شود؛ برای مثال، با هر بار چرخش پره، مقدار ۱ میلی‌لیتر تزریق صورت می‌گیرد. این سازوکار کمک می‌کند تا در لحظهٔ نزدیک شدن به نقطهٔ pH مدنظر، تزریق دقیق‌تر و کندتر انجام شود. یکی دیگر از برجستگی‌های این نوع موتورپمپ‌ها، حالت رفت و برگشتی آن‌ها است که هم می‌تواند برای تخلیه و هم برای مکش استفاده گردد. این سازوکار برای ارتقای دستگاه به‌منظور انجام کار با مواد سمی، بسیار کارآمد خواهد بود.

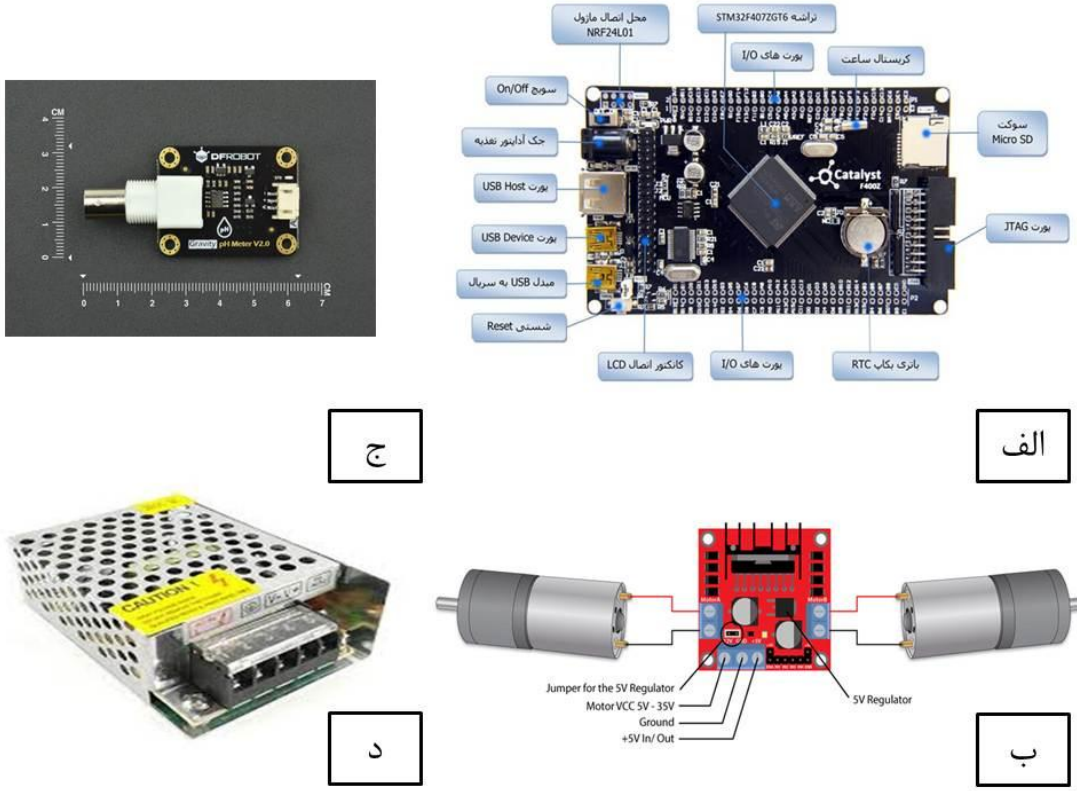
همزن‌های آزمایشگاهی معمولاً به دو صورت پایه مگنتی یا لغزشی هستند که از موتورهای ویبراتور استفاده می‌شود. بنا به دو علت این همزن‌ها نمی‌توانند در این دستگاه استفاده گردند: نخست. در همزن‌های مگنتی با توجه به قرار گرفتن قطعهٔ ثانویهٔ مگنت در محلول، احتمال برخورد آن با حس‌گرها وجـــود دارد؛ چون جنس محافظ حس‌گر pH از پلاستیک طلقی است، امکان صدمه دیدن آن وجود دارد؛ دوم. در همزن‌های لغزشی با توجه به اینکه ممکن است از مواد سمی، باز و یا اسید قوی استفاده شود، احتمال واژگونی و صدمات جانی وجود دارد. در این دستگاه، از یک مینی‌موتور وکیوم هوا (همانند دستگاه فشارخون دیجیتال) استفاده‌شده که با فشار و فواصل زمانی دلخواه، در محلول موج تولید می‌کند و سبب همگن شدن محلول می‌گردد.

نحوهٔ ساخت و کارکرد بازوی ورود و خروج دستگاه: بازوی ورود و خروج دستگاه در شکل شمارهٔ ۲ ج نشان داده‌شـــده است. بازوی دستگاه دو محور و سه مفصل قابل حرکت دارد تا به‌سادگی امکان نمونه‌گیری با انواع ظـــرف‌های آزمایشگاهی را برای کاربر فـــراهم کند. این بازو شـــامل موارد زیر است:

۱-خروجی‌های اسید و باز؛
۲-خروجی هوای همزن؛
۳-حس‌گر دمای مایعات مدل 18B20؛
۴-حس‌گر سنجش pH شرکت DFROBOT.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

واحد تجهیزات الکترونیکی، پردازش و نمایش سیستم: در دستگاه‌های جدید، از طراحی PCB (مدارات چاپی) استفاده نمی‌شود. در حال حاضر، شرکت‌های متعددی در دنیا بردهای توسعهٔ گوناگونی را تولید کرده‌اند که یک برد، همهٔ نیاز طراحان را برآورده می‌کند. بسته به طراح و نوع طرح مدنظر، یک برد از یک خانوادهٔ مشخص انتخاب می‌شود. در این دستگاه، از یکی از بردهای قدرتمند ARM با نام Catalyst ARM-STM32F407zgt6 استفاده‌شده است که در شکل شمارهٔ ۳ الف، ویژگی‌های این برد نشان داده‌شده است.



شکل شمارهٔ ۳. الف. برد کنترل مرکزی دستگاه؛ ب. قطعهٔ L298N برای راه‌اندازی و کنترل موتورهای استفاده‌شده در دستگاه؛ ج. قطعهٔ واکاوی مقدار حس‌گر pH با نام Analog PH Sensor/Meter Kit V2؛ د. منبع تغذیهٔ سویچینگ ۱۲ ولت ۵ آمپر

در این دسته از بردها، بر اساس توان و تجربه فنی طراحان، تراشهٔ برنامه‌پذیر دستگاه برنامه‌ریزی می‌شود و با کنترل ورودی و خروجی، مواردی که نیاز است، انجام می‌گیرد. همان‌گونه که در نقشهٔ کل دستگاه (شکل شمارهٔ ۱) نشان داده‌شده است، داده‌های ورودی به این برد، دو دادهٔ مجزا هستند که یکی خروجی حس‌گر pH است که به پایهٔ A0 وصل می‌گردد و دیگری حس‌گر دما است که به پایه A1 وصل است. خروجی‌های این برد عبارتند از:

۱-خروجی F3،F2 مربوط به کنترل موتور بخش اسید؛

۲-خروجی F5،F4 مربوط به کنترل موتور بخش باز؛

۳-خروجی F7،F6 مربوط به کنترل موتور بخش همزن؛

۴-خروجی IDE LCD که برای ارتباط با LCD لمسی به‌کار گرفته‌شده است.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

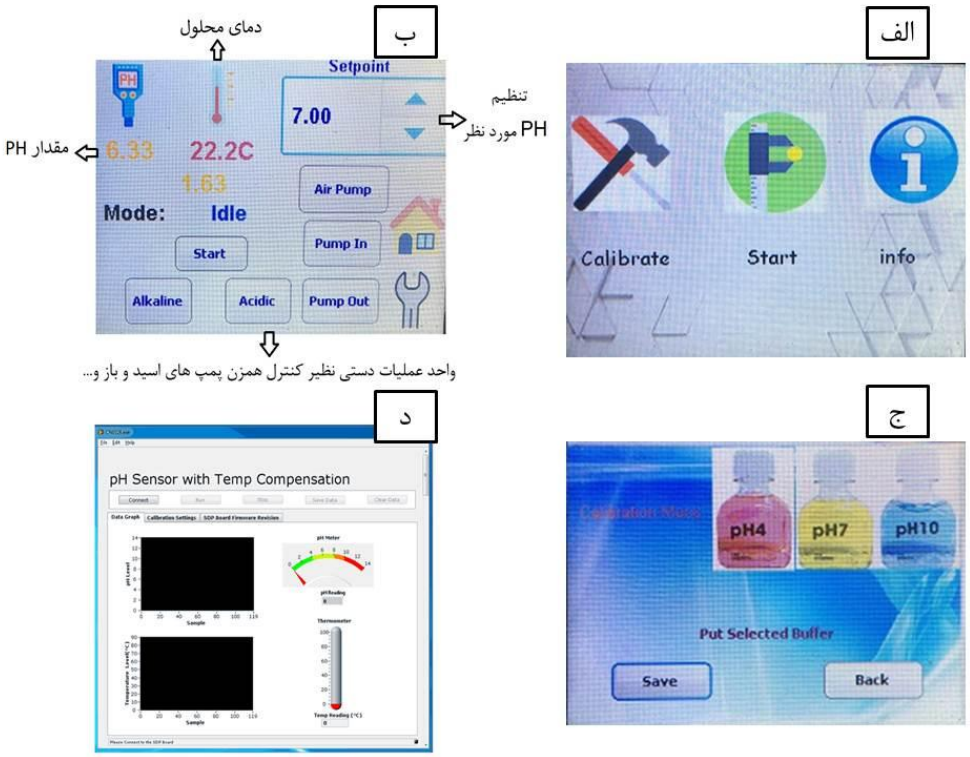
پایهٔ تغذیه مثبت ۵ ولت و ارتباط زمین دستگاه از منبع تغذیه پس از تثبیت به برد اعمال‌شده است.

در شکل شمارهٔ ۱، دو عدد برد کنترل موتور با نام L298N مشاهده می‌شود. در میان طراحان، این دسته از بردهای کمکی با عنوان شیلد مطرح هستند که کار طراح را ساده می‌کنند. به‌جای طراحی، آزمون‌وخطا، صرف انرژی و وقت، از این دسته برد آماده می‌توان استفاده کرد که در بازار موجود است. توضیحات مربوط به پایه‌های این قطعه که وظیفهٔ کنترل دور موتورها را بر عهده دارد، در شکل شمارهٔ ۳ ب بیان‌شده است. در ادامهٔ مطلب، به بررسی و تشریح برد اندازه‌گیری حس‌گر pH پرداخته می‌شود.

خروجی حس‌گر pH یک مقدار آنالوگ با نویز فراوان است که همواره طراحان را با مشکلات بسیاری مواجه می‌کند. با توجه به نوسانات موجود در خروجی، داده‌های خروجی قابل‌اطمینان نیستند. برای حل این مشکل، طراح باید یک مدار انتگرال‌گیر تقویتی را تعریف کند که ضمن خواندن مقادیر در بازهٔ مثبت و منفی، از ورود نویزهای ناخواسته جلوگیری نماید. برای این منظور، بردی توسط شرکت DFROBOT طراحی‌شده است که این مشکل را به‌خوبی پوشش می‌دهد و داده‌ای با ثبات بالا را در خروجی ارائه می‌کند. در شکل شمارهٔ ۳ ج، نمونه‌ای از این برد نشان داده‌شده است.

بخش بعدی واحد نمایشگر لمسی دستگاه است که در این بخش، از یک LCD با رابط کاربری IDE، برای اتصال به برد مرکزی با رزولوشن 480×320 استفاده‌شده است. با توجه به حجم بالای کلیدهای ورودی و خروجی که در شکل‌های شمارهٔ ۴ الف تا ج نشان داده‌شده است، استفاده از کیبورد چندان مقرون به‌صرفه و فنی به نظر نمی‌رسد؛ بنابراین، استفاده از نمایشگر لمسی این امکان را فراهم می‌کند که در آینده با توجه به نیاز مشتریان و کاربران، دستگاه بدون هیچ‌گونه تغییر فیزیکی به‌روزرسانی شود.

در این واحد، سه منوی اصلی یا خانه، منوی اندازه‌گیری و تنظیم pH و منوی کالیبراسیون تعبیه گردیده است که در شکل‌های شمارهٔ ۴ الف تا ج نشان داده‌شده‌اند.



شکل شمارهٔ ۴. الف. منوی اصلی یا خانه؛ ب. منوی اندازه‌گیری و تنظیم pH محلول؛ ج. منوی کالیبراسیون حس‌گر pH؛ د. نمایی از نرم‌افزار دستگاه

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

واحد نرم‌افزاری دستگاه: همان‌طور که در شکل شمارهٔ ۴ د نشان داده‌شده است، با توجه به نیاز کاربر می‌توان محدودهٔ تغییرات pH در یک بازهٔ زمانی خاص را مشاهده کرد. برای این منظور، از پورت USB استفاده می‌شود که در پشت دستگاه تعبیه‌شده است. این نحوهٔ نمایش، در صنایع غذایی و دام‌پروری بسیار پرکاربرد است.

دستگاه تغذیهٔ مدارها: برای تأمین انرژی دستگاه و جلوگیری از ایجاد نویز در این بخش، از یک منبع تغذیهٔ سویچینگ ۱۲ ولت ۵ آمپر (شکل شمارهٔ ۳ د) استفاده‌شده است. این بخش با دو رشته سیم به ورودی برق شهر وصل می‌شود و توان موردنیاز دستگاه را بدون هیچ‌گونه اعوجاجی تأمین می‌کند.

تصویر واقعی دستگاه سنجش pH مجهز به تنظیم‌کنندهٔ pH محلول در شکل شمارهٔ ۵ نشان داده‌شده است.



شکل شمارهٔ ۵. تصویر واقعی دستگاه سنجش pH مجهز به تنظیم‌کنندهٔ pH محلول خودکار

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از طراحی و ساخت این دستگاه، ایجاد یک دستگاه تنظیم‌کنندهٔ pH خودکار بدون دخالت دست (دربارهٔ محلول‌های سمی و خطرناک) است که امکان تنظیم دقیق pH مدنظر در کمترین زمان ممکن (حدود ۳ دقیقه) را داشته باشد، به‌نحوی‌که بدون صرف زمان و انرژی و به دور از اشتباهات چشمی و سهوی، از pH محلول مدنظر اطمینان داشته باشیم. این دستگاه با قابلیت تنظیم خودکار pH محلول به روش بازخورد لحظه‌ای، مجهز به یک واحد اندازه‌گیری pH است که در هر لحظه می‌تواند مقدار pH محلول را ارائه دهد. کاربر از طریق نمایشگر، مقدار pH مدنظر را وارد می‌کند و دستگاه پس از پردازش تصمیم می‌گیرد که برای رسیدن به نقطهٔ هدف (Set point)، از مخزن اسید مرجع یا باز مرجع استفاده کند. همهٔ این عملیات می‌تواند به‌صورت کاملاً خودکار یا دستی انجام شود. در منوی دستی، خود کاربر تعیین می‌کند که اسید یا باز تزریق گردد.

در بررسی متون انجام‌شده در پایگاه‌های ثبت اختراع، چندین نمونهٔ کنترل‌گر pH ثبت‌شده به‌دست آمد که در ادامه، به‌صورت مختصر هرکدام توضیح داده می‌شود.

در طراحی، ساخت و پیاده‌سازی کنترلر PH در فرایند فدپچ برای تولید مخمر نان با شماره ثبت ۷۶۸۰۳ در سامانهٔ مالکیت معنوی سازمان ثبت و اسناد کشور، با برنامه‌نویسی به روش فازی در روش کمترین

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

مربعات خطا در محیط نرم‌افزاری MATLAB و پیاده‌سازی در نرم‌افزار CX-PROGRAMMING، سیستم PLC و برنامه‌نویسی HMI و برقراری ارتباط با تجهیزات ابزار دقیق به‌وسیلهٔ کامپیوتر توانستند PH مخمر نان در فرایند فدبچ را کنترل کنند. برای کنترل pH، از تجهیزات حس‌گر pH با خروجی mv ۰-۱۰۰، ترموکویل ۰-۱۰۰ درجه با خروجی ۰-۱۰۰ اهم، ترانسمیتر محلی با خروجی ۴-۲۰ma، شیر برقی خاموش-روشن استفاده شد. در این دستگاه، با برنامه‌نویسی و استفاده از روش فازی و تجهیزات ابزار دقیق، کنترل شیر برقی را دقیق‌تر انجام دادند و توانستند pH محیط را کنترل کنند. این دستگاه از نظر هدف و عملکرد، کاملاً با دستگاه طراحی‌شده در این پژوهش متفاوت است.

دستگاه اندازه‌گیری خودکار pH و اسیدیتهٔ شیر با شماره ثبت ۸۴۶۱۴ در سامانهٔ مالکیت معنوی سازمان ثبت و اسناد کشور، به‌جای استفاده از معرف فنل فتالین در اندازه‌گیری اسیدیته، از pH متر الکترودار استفاده شد که در pH تغییر رنگ معرف به رنگ صورتی تنظیم‌شده است؛ زیرا در روش‌های متداول برای اندازه‌گیری pH، از pH متر الکترودار و اسیدیته بر اساس تیتراسیون به‌صورت دستی انجام می‌گیرد. این دستگاه برای اندازه‌گیری همزمان pH و اسیدیته طراحی‌شده است.

دستگاه تنظیم‌کنندهٔ pH با شماره ثبت ۷۵۲۹۶ در سامانهٔ مالکیت معنوی سازمان ثبت و اسناد کشور که در مراحل اولیهٔ ارتقا است، برای جلوگیری از هدر رفت زمان و انرژی در آزمایشگاه‌های شیمی تجزیه، برای تنظیم خودکار pH محلول‌ها طراحی‌شده است. در این دستگاه، با افزودن اسید و باز در مخازن مشخص و با وارد کردن مقدار مدنظر، به‌صورت خودکار pH نمونه تنظیم می‌شود.

در دستگاه تنظیم خودکار pH با شماره ثبت اختراع CN105492987A، گاز حامل را می‌توان برای تنظیم pHمایعات و جذب / اتمی کردن استفاده کرد؛ بنابراین، نامتعادل بودن توزیع غلظت هیدروژن در نمونه را می‌توان کاهش داد و به‌صورت پایدار به PH مدنظر رسید. هنگامی‌که مایعات آمونیاک به‌عنوان مایع تنظیم pH به‌صورت اسپری استفاده می‌شود، حباب در اسپری تولید می‌گردد. این مشکل مانع تنظیم pH پایدار می‌شود. این دستگاه با توجه به مشکلات بالا ارائه‌شده است. مخترعین از روش اسپری کردن، در انتقال مایع تنظیم‌کنندهٔ pH استفاده می‌کنند؛ به این صورت که در این دستگاه، وقتی pH در مسیر انتقال محلول با استفاده از اسپری تنظیم می‌شود، به‌طور پایدار می‌تواند وظیفهٔ تنظیم خودکار pHرا انجام دهد.

یک دستگاه تنظیم خودکار PH با شماره ثبت اختراع CN210875801U شامل یک واحد کنترل، یک واحد تشخیص مقدارPH ، یک واحد تجزیه‌وتحلیل PH و یک واحد تحویل محلول است که به ترتیب و از نظر الکتریکی با واحد کنترل متصل هستند. واحد تشخیص PH شامل یک جایگاه و یک PH متر بر روی جایگاه است. PH متر در هر نقطهٔ اندازه‌گیری تحت کنترل واحد کنترل، اندازه‌گیری‌ها را انجام می‌دهد. واحد آنالیز PH مقدار اندازه‌گیری‌شده را محاسبه و تجزیه‌وتحلیل می‌کند تا مقدار محلولی را که قرار است تزریق شود، به دست بیاورد. در مقایسه با دستگاه‌های پیشین، ردیاب PH در دستگاه تنظیم خودکار PH، به‌طور خودکار در ore pulp برای اندازه‌گیری قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که درجهٔ اتوماسیون اندازه‌گیری مقدارPH بهبود می‌یابد، از سختی کار اپراتورها می‌کاهد و نقطهٔ اندازه‌گیری به‌صورت دقیق تعیین می‌شود. واحد آنالیز PH برای تجزیه‌وتحلیل و محاسبه استفاده می‌گردد و به‌طور خودکار، مقدار تزریق محلول به دست می‌آید؛ همچنین از حالتی که اپراتور با توجه به تجربه، میزان محلول موردنیاز را تعیین می‌کند، اجتناب می‌شود و دقت تزریق دارو بهبود می‌یابد.

دستگاه تنظیم pH خودکار با شماره ثبت اختراع CN211677663U، شامل ظرف Reation، pH متر، ظرف محلول اسیدی، ظرف محلول قلیایی و دو شیر برقی است. pH متر در ظرف Reation تنظیم می‌شود و با پمپ peristaltic در شیشه محلول اسیدی/بازی تجهیز شده است. در مقایسه با دستگاه پیشین، این نوع نه‌تنها مزایای سختی کار کمتری دارد، بلکه به‌طور مؤثرتری pH را تنظیم می‌کند.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

دستگاه تنظیم خودکار pH با شماره ثبت اختراع WO2013140560A1، امکان تهیهٔ کوتاه‌مدت نمونه برای جداسازی و غلیظ‌سازی را فراهم می‌آورد و می‌تواند عوامل آلودگی را در طول آماده‌سازی نمونه به کمترین میزان برساند. در دستگاه تنظیم خودکار pH، سیال تنظیم‌کنندهٔ pH را می‌توان به‌صورت غبار به‌سوی سطح مایع یک نمونه پرتاب کرد که به‌طور پایدار با کاهش نوسانات در شدت نور عبوری، pH نمونه دریک سطح هدف تنظیم می‌شود؛ بنابراین، یک نمونه در مقدار لازم برای جداسازی و غلیظ کردن را می‌توان در یک زمان کوتاه آماده ساخت. علاوه بر این، یک منبع نور و یک طیف‌سنج که در اندازه‌گیری pH استفاده می‌شود، در خارج از ظرف قرار دارد، درحالی‌که روزنهٔ جت از یک نبولایزر با سطح مایع نمونه تماس ندارد. در دستگاه تنظیم pH خودکار، دستگاه‌های استفاده‌شده در تنظیم pH با نمونه تماس ندارند؛ بنابراین، عوامل آلودگی در هنگام تنظیم pH می‌تواند به کمترین حد برسد.

این دستگاه‌ها از نظر هدف، ساختمان و عملکرد، کاملاً با دستگاه طراحی‌شده در این پژوهش متفاوت هستند. وجه تمایز اصلی این دستگاه طراحی و ساخته‌شده نسبت به نمونه‌های مشابه، تنظیم خودکار pH محلول است. در واحد اندازه‌گیری این دستگاه جدید، یک همزن نیز تعبیه‌شده است که در طول آزمایش، همواره سبب همگن شدن محلول و اندازه‌گیری صحیح‌تر pH محلول می‌گردد. در بررسی متون انجام‌شده بر اساس یافته‌های ما، نمونه‌ای از دستگاه اندازه‌گیری pH یافت نشد که بتواند pH محلول مورد آزمایش را به‌صورت خودکار تنظیم کند؛ بنابراین، این دستگاه از این نظر نسبت به دستگاه‌های دیگر ارجحیت دارد که صرفاً اندازه‌گیری pH را انجام می‌دهند. پورت USB تعبیه‌شده در پشت دستگاه این امکان را فراهم می‌کند که در هر زمان و هـــر مکان، به‌روزرسانی و رفع ایراد نرم‌افزاری دستگاه انجام شود؛ همچنین استفاده از مانیتور لمسی بسیار کاربرپسند است و در آینده می‌توان منوهای دیگری بر روی این دستگاه اضافه کرد؛ برای مثال، به‌جای حس‌گر pH که با کانکشن میکروفونی به دستگاه وصل شده است، می‌توان حس‌گر سختی را به دستگاه متصل کرد و سختی مایعات را نیز اندازه گرفت. با توجه به برنامه‌ریزی انجام‌شده با ARM، در این دستگاه طیف متنوعی از عملیات ورود و خروج به‌صورت دستی و خودکار برای کاربر فراهم گردیده است. برای ارزیابی عملکرد دستگاه در کنترل pH محلول، نتایج توسط یک pH متر مدل ۷۸۰ (Metrohm Switzerland) مجدداً بررسی شد. مقدار خطای (تلرانس) سیستم ۲ درصد است که در معیار سنجش pH بسیار ناچیز است.

از این دستگاه در صنایع و آزمایشگاه‌های گوناگون می‌توان استفاده کرد. در صنایع غذایی، دارویی، پزشکی، دام‌پروری و آبزی‌پروری که با مقولهٔ اندازه‌گیری pH و تهیهٔ یک محلول با pH مشخص سروکار دارند، وجود نمونهٔ صنعتی این دستگاه بسیار پرکاربرد خواهد بود.

سپاس‌گزاری

دستگاه تنظیم خودکار pH محلول به روش بازخورد لحظه‌ای، حاصل یک طرح فناورانه در مرکز رشد فناوری سلامت دانشگاه علوم پزشکی ایلام است و با شماره اختراع ۱۰۲۰۴۰ در تاریخ ۱۳۹۹/۰۵/۲۲ در سامانهٔ مالکیت معنوی سازمان ثبت اسناد و املاک کشور به ثبت رسیده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانهٔ خود را از حمایت‌های بی‌دریغ معاونت محترم تحقیقات و فناوری، مرکز رشد فناوری سلامت و مرکز تحقیقات میکروب‌شناسی بالینی دانشـــگاه عـــلوم پزشـــکی ایلام اعلام کنند.

References

1.Fawzy M, Emad M, Wilkinson J, Mansour R, Mahran A, Fetih A, et al. Triple arm trial of pH effect on live birth after ICSI in Egyptian IVF facilities protocol of a randomised controlled trial. BMJ Ope2020; 10:1-7. doi.10.1136/bmjopen-2019-034194.

2.Swain JE. Is there an optimal pH for culture media used in clinical IVF? Hum

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]

[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

Rep Up2012; 18: 333-9. doi.10.1093/humupd/dmr053.
3.Will MA, Clark NA, Swain JE. Biological pH buffers in IVF help or hindrance to success. J Assist Rep Gen2011; 28: 711-24. doi.10.1007/s10815-011-9582-0.
4.Huang WD, Deb S, Seo YS, Rao S, Chiao M, Chiao JC. A passive radio frequency Ph sensing tag for wireless food-quality monitoring. IEEE Sen J 2011; 12: 487-95. doi. 10.1109/JSEN.2011.2107738.
5.Shah A, Chauhan OP. IT16 applications of bio-sensors in agri-food industry and mitigation of bio-threat paradigm. 2nd Int Sym Phys Technol Sen. 2015; P.7. doi.10.1109/ISPTS.2015.7220156.
6.Puchberger D, Krutzler C, Vellekoop MJ. Organically modified silicate film pH sensor for continuous wound monitoring. IEEE 2011; 12:14. doi.10.1109/ICSENS.2011.6127220.
7.Shorrock SM, Kun S, Peura RA, Dunn RM. Determination of a relationship between bacteria levels and tissue pH in wounds animal studies. IEEE 2019; 26:117-8. doi.10.1109/NEBC.2000.842407.
8.Farooqui MF, Shamim A. Low cost inkjet printer smart bandage for wireless monitoring of chronic wounds. Sci Rep 2016; 6:1-13. doi.10.1038/srep28949.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]

Design and Construction of an Automatic pH Adjustment System by Instant Feedback Method

Khorami H[1], Mahdian S [1], Zakariaee S [1,2], Aziznejad M[1]*

(Received: January 6, 2021 Accepted: April 7, 2021)

Abstract

Evaluations of the acidity or alkalinity of solutions are used in many industries such as food industries, medicine, chemical engineering, petrochemical industries, agriculture, animal husbandry, industrial laboratories, etc. Portable and stationary pH measurements are very common and are an integral part of these studies, due to the importance of pH. In most of these evaluations and studies, a solution with the preferred pH magnitude must be prepared. Therefore, it is necessary to have a device that can instantaneously control and reset the pH of the solution. In this study, a pH meter equipped with an automatic pH regulator by instant feedback method is described.

This system was designed and constructed to create an automatic pH regulator without manual intervention for toxic and dangerous solutions, which could accurately adjust the desired pH in the shortest possible time. The automatic pH adjustment system is equipped with a pH measuring unit that can instantaneously present the pH of the solution. The user determines the desired pH value and the system decides to use the acid or alkaline reference tanks to reach the target point. These operations can be done in a fully automated or manual manner. The error (tolerance) of the automatic pH adjustment of the solution is 0.02, which is very small in the pH evaluations.

Keywords: pH, pH meter, automatic pH adjustment of the solution, pH adjustment of the solution by instant feedback method

1. Health Technology Incubator Center, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
2. Dept of Medical Physics, Faculty of Paramedical Sciences, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
**Corresponding author Email: hamedkhorami@yahoo.com*

Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.15634728.1400.29.2.10.4]
[DOI: 10.52547/sjimu.29.2.13]