

طراحی گام به گام دماسنج دیجیتال به کمک مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804 و میکروکنترلر ATmega32

نگین امین افشار

گروه مهندسی برق، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

سید عمیدالدین موسوی

گروه مهندسی برق، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

چکیده

در علوم مهندسی الکترونیک و مهندسی پزشکی سنجش کمیت‌های طبیعی مانند دما، فشار، وزن، فاصله و ... و تبدیل چنین کمیت‌های به داده‌های دیجیتال به منظور ارسال به میکروکنترلرها به منظور فراوری آن‌ها، از جمله چالش‌های مهم در طراحی و ساخت ادوات مهندسی به حساب می‌آید. در مرحله‌ی بعد داده‌ها باید در میکروکنترلرها به منظور تصمیم‌گیری‌های صحیح و صدور دستورات لازم به عملگرها فرآوری شوند. بدین‌منظور در مقاله حاضر سعی شده است تا با استفاده از سنسور LM35 و مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804 داده‌های پیوسته‌ی دما از سنسور دریافت شده و به کمک مبدل آنالوگ به دیجیتال به داده‌های دیجیتالی تبدیل شود و به میکروکنترلر ارسال گردد. در میکروکنترلر این داده‌ها دریافت شده و با محاسبات لازم مقدار دقیق دمای محیط محاسبه شده و برای ارسال به LCD کاراکتری به داده‌های رشته‌ای تبدیل می‌شود. در هر مرحله به منظور آموزش کاربران مراحل جزء به جزء شرح داده خواهد شد. در انتها مدار طراحی شده برای بررسی صحت در محیط نرم‌افزار Proteus شبیه سازی خواهد شد.

واژگان کلیدی: دماسنج، LM35، ADC0804، ATmega32.

همه انواع آی سی های LM32 دارای سه پایه ی موثر V_S ، GND و V_{OUT} می باشند که به ترتیب پایه های تغذیه ی +، پایه ی زمین و پایه ی خروجی می باشند. محدودیت های الکتریکی این سنسور در جدول ۱ آورده شده است.

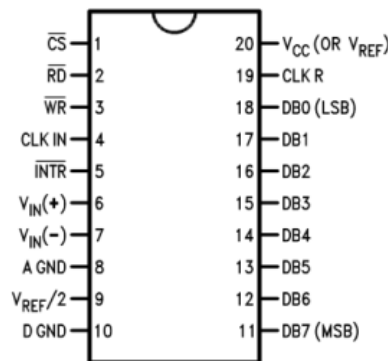
واحد	بیشینه	کمینه	کمیت
[V]	35	-0.2	تغذیه ی + سنسور
[V]	6	-1	ولتاژ خروجی
[mA]	10		جریان خروجی
[°C]	150		ماکزیمم دمایی که می تواند با بدنه در تماس باشد

این سنسور می تواند دماهای $-55^{\circ}\text{C} \leq T \leq 150^{\circ}\text{C}$ را اندازه گیری کند و به ازای هر درجه افزایش در دمای محیط 10mV تغییر در پایانه خروجی سنسور بصورت افزایشی دیده می شود. پس می توان رابطه ی ولتاژ خروجی با دمای محیط بر حسب سانتی گراد را می توان مطابق رابطه ی (۱) بیان کرد.

$$V_{OUT} = 10 \frac{\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} \times T \quad (1)$$

مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804

این مبدل یک آی سی از خانواده CMOS است که دارای دو پایه ورودی می باشد و این آی سی اختلاف پتانسیل این دو پایه را به عنوان ورودی آنالوگ دریافت می کند. و داده های دیجیتالی و باینری ۸ بیتی را در پایه های خروجی تولید می کند. این پایه های خروجی بدون هیچ مدار واسط دیگری می توانند به پایه های ورودی انواع میکروکنترلرها متصل شوند. شکل این آی سی و پایه های آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804 و پایه های آن

مشخصات دیگر این آی سی به شرح زیر است:

- دارای عرض 0.3 اینچ استاندارد بوده و ۲۰ پایه است.
- دارای قالب بندی ۲۰ پایه طرح کوچک است.
- تاخیر زمانی تبدیل آنالوگ به دیجیتال ۱۰۰ میکروثانیه می باشد.
- مجموع خطاهای ایجاد شده در تبدیل: $\pm \frac{1}{4}LSB$ ، $\pm \frac{1}{2}LSB$ و $\pm 1LSB$
- دارای دو پایه + و - منفی ورودی است که اختلاف پتانسیل این دو پایه به عنوان ورودی آنالوگ دریافت می گردد. پایه -، پایه مرجع یا مبنا بوده و اختلاف پتانسیل پایه + نسبت به این پایه به عنوان ورودی دریافت می گردد.
- پایه مرجع یا مبنا می تواند بین 0 تا $2.5[V]$ تغییر کند.
- پایه + نیز می تواند $2.5[V]$ تا $5[V]$ را دریافت کند.

• دارای پالس ساعت on-chip است.

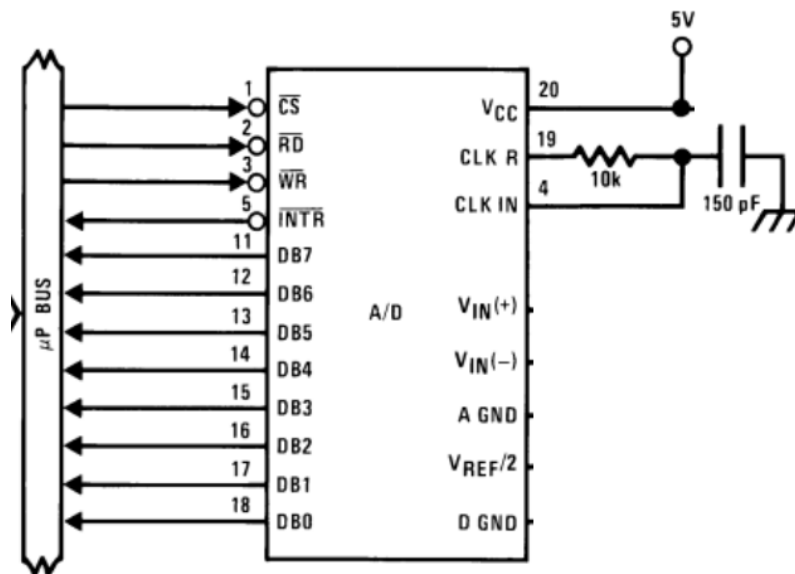
• می تواند در دماهای $-40^{\circ}\text{C} \leq T < +85^{\circ}\text{C}$

با توجه به شکل ۲ شرح پایه های ADC0804 در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: مشخصات پایه های ADC0804

شرح پایه	علامت اختصاری نشان داده شده روی پایه	شماره پایه
پایه صفر فعال است که اگر به این پایه صفر منطقی اعمال شود آی سی انتخاب شده و فعال می گردد	<i>CS: Chip Sele</i>	۱
پایه صفر فعال است که اگر به این پایه صفر منطقی اعمال شود آی سی داده ها را از خروجی سنسور می خواند	<i>RD: Read</i>	۲
پایه صفر فعال است که اگر به این پایه به همراه پایه INTR صفر منطقی اعمال شود در کار خواندن اطلاعات از سنسور وقفه ایجاد شده و آی سی داده ها را از خروجی هایش به سمت میکروکنترلر می فرستد.	<i>WR: Write</i>	۳
به همراه پایه CLK R با آرایش خاصی که در شکل ۲ نشان داده شده است برای فعال کردن پالس ساعت on-chip آی سی مورد استفاده دارند	<i>CLK IN</i>	۴
با پایه <i>WR</i> برای ایجاد وقفه جهت فرستادن داده ها به میکروکنترلر استفاده می شود	<i>INTR: Interr</i>	۵
بین این دو پایه اختلاف ولتاژ ورودی می افتد پایه منفی پایه مرجع یا مبنا است	$V_{IN}(+)$	۶
	$V_{IN}(-)$	۷
پایه زمین	<i>A GND</i>	۸
	$V_{REF}/2$	۹
پایه زمین	<i>D GND</i>	۱۰
پایه های ارسال داده به میکروکنترلر	<i>DB7</i>	۱۱
	<i>DB6</i>	۱۲
	<i>DB5</i>	۱۳
	<i>DB4</i>	۱۴
	<i>DB3</i>	۱۵
	<i>DB2</i>	۱۶
	<i>DB1</i>	۱۷
	<i>DB0</i>	۱۸
پایه ای که به همراه CLK IN برای فعال کردن پالس ساعت on-chip به کار می رود.	<i>CLK R</i>	۱۹
پایه	V_{CC}	۲۰

برای راه اندازی پالس ساعت درون آی سی باید از مدار شکل ۳ استفاده کرد:

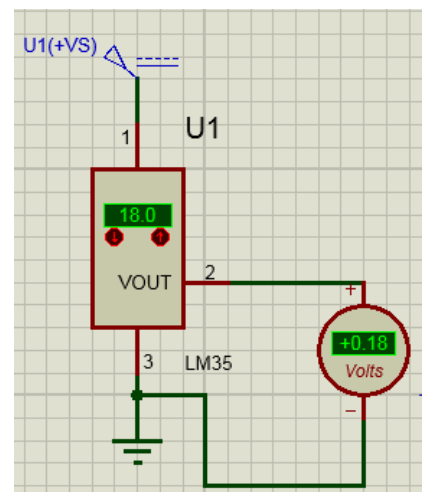
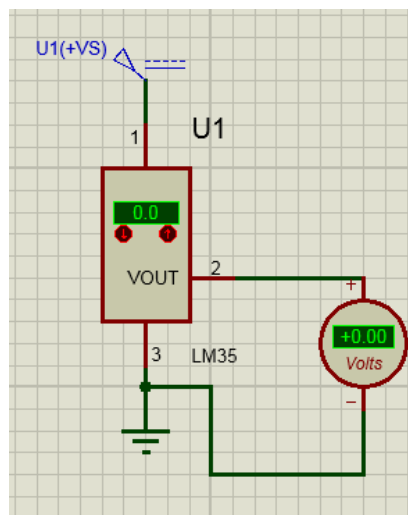
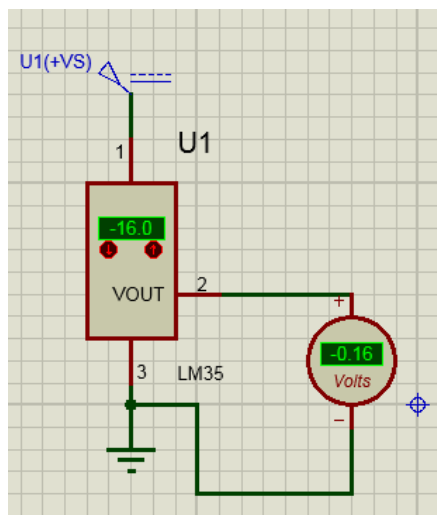


شکل ۳: راه اندازی پالس ساعت درون آی سی

طراحی مدار و شبیه سازی ها

شبیه سازی رفتار سنسور LM32

با کمک نرم افزار Proteus رفتار سنسور LM32 شبیه سازی شده است و در شکل ۴ نشان داده شده است.



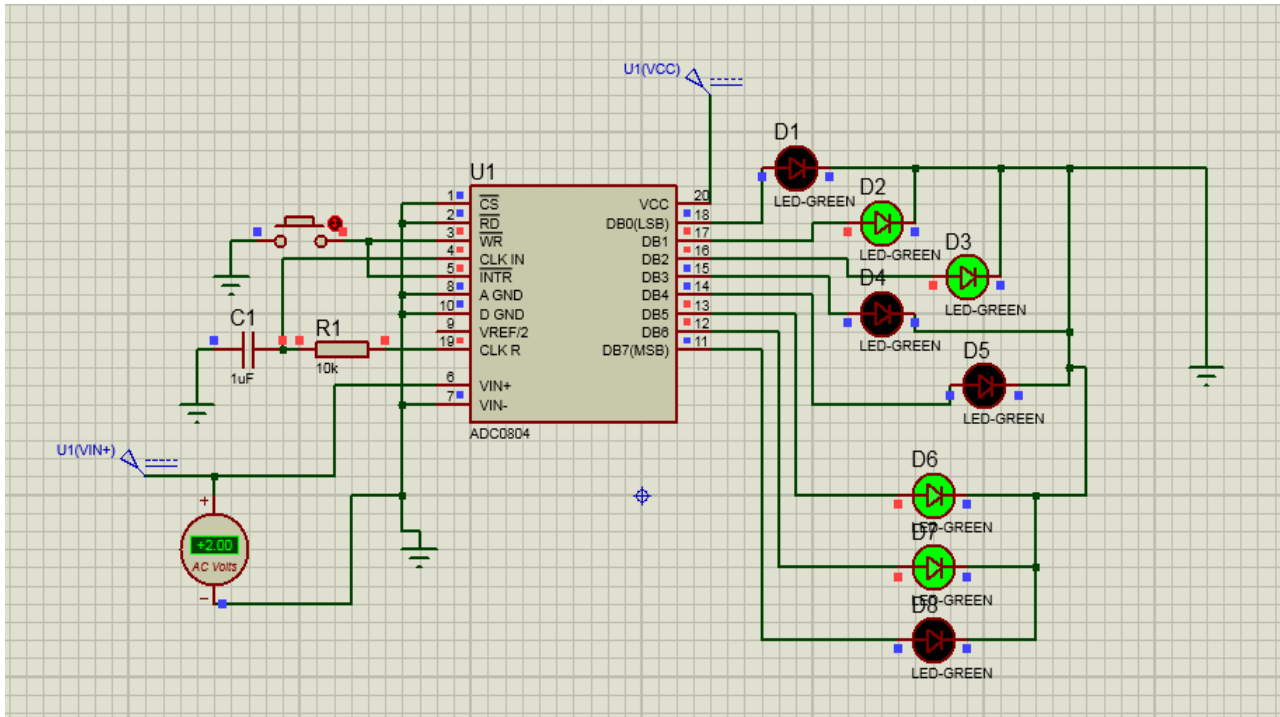
شکل ۴: شبیه سازی عملکرد سنسور LM35

همانطور که دیده می شود در دمای 0°C خروجی سنسور، ولتاژ $0[\text{V}]$ را نشان می دهد. همانطور که قبلاً بیان شد به ازای هر درجه افزایش دما در مقدار ولتاژ $0.01[\text{V}]$ افزایش ولتاژ خواهیم داشت. بنابراین همانطور که دیده می شود در دمای $+18^{\circ}\text{C}$ مقدار ولتاژ تولیدی در پایانه سنسور $0.18[\text{V}]$ بوده و در دمای -16°C مقدار ولتاژ تولیدی در پایانه سنسور $-0.16[\text{V}]$ است.

شبیه سازی رفتار مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804

در شکل ۵ رفتار مبدل ADC0804 شبیه سازی شده است. اگر ۴ بیت کم ارزش پورت خروجی داده یعنی DB_0 تا DB_3 را $4LB$ در نظر گرفته و ۴ بیت با ارزش پورت خروجی داده یعنی DB_4 تا DB_7 را $4MB$ بنامیم، می توان مطابق رابطه زیر از بر اساس بیت های باینری خروجی ولتاژ آنالوگ ورودی را محاسبه کرد:

$$V_{in} = \left(\frac{4LB}{16} + \frac{4MB}{256} \right) \times 5.12 \quad (۱)$$



شکل ۵: شبیه سازی عملکرد مبدل آنالوگ به دیجیتال ADC0804

همانطور که در شکل ۵ دیده می شود، ولتاژ آنالوگ ۲ ولت به ورودی مبدل ADC0804 اعمال شده است. در این شکل دیده می شود که $4LB = 0110$ و $4MB = 0110$ که اعداد باینری هستند.

اگر این اعداد را به دسیمال تبدیل کنیم به اعداد $4LB = 6$ و $4MB = 6$ خواهیم رسید. اگر اعداد را در رابطه (۱) قرار دهیم خواهیم داشت:

$$V_{in} = \left(\frac{6}{16} + \frac{6}{256} \right) \times 5.12 = (0.375 + 0.023) \times 5.12 = 2.03[V] \quad (۲)$$

که با ولتاژ ورودی برابر است. اختلاف 0.03 مربوط به تلورانس خطای ADC0804 می باشد.

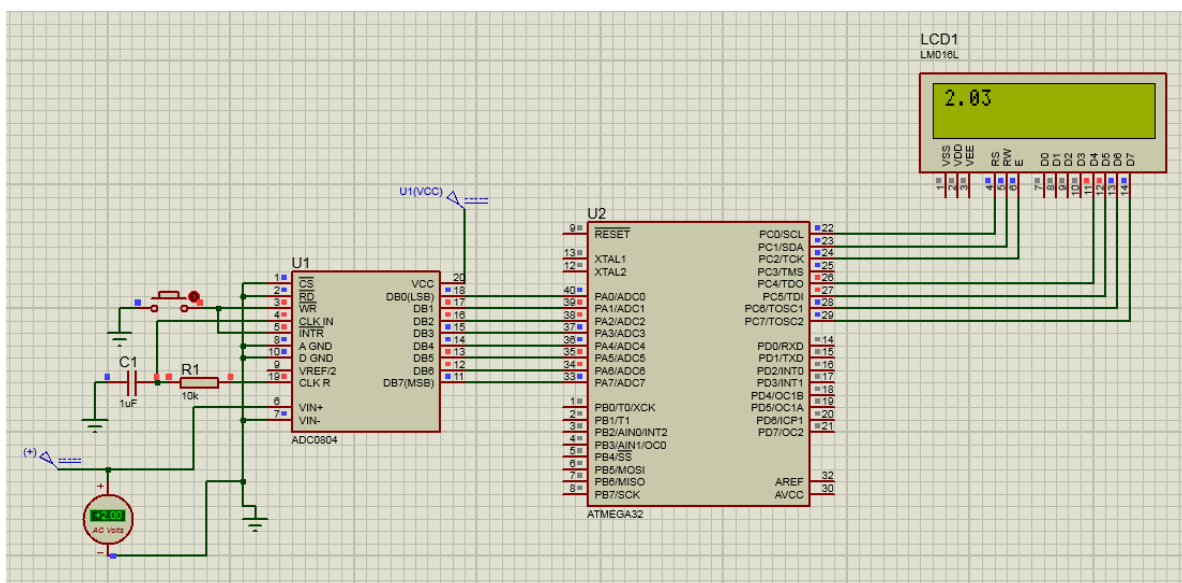
طراحی دماسنج با استفاده از LM35 و ADC0804 با میکروکنترلر ATmega32

در این مرحله کافی است تا خروجی دیتای ADC0804 را به یکی از پورت های میکروکنترلر ATmega32 وصل کرد و با گرفتن داده های ورودی بتوان محاسبات لازم را بر مبنای اطلاعات ارائه شده در بخش های قبل انجام داد و نتیجه محاسبه دما را روی LCD نمایش داد.

برای بررسی صحت عملکرد طراحی و برنامه نویسی یک منبع دی سی $2[V]$ به ورودی آنالوگ ADC0804 اعمال گردیده و سعی شده است تا با اطلاعات بیان شده در بخش های قبلی مقاله، در محیط Code vision برنامه تحلیل داده های گرفته شده از خروجی ADC0804 توسط میکروکنترلر و ارسال داده های خروجی به LCD گرافیکی نوشته شود. برنامه ی راه اندازی میکروکنترلر ATmega32 و مدار طراحی شده به ترتیب در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده اند. عدد نمایش داده شده در LCD با رابطه ی (۲) مطابق است.

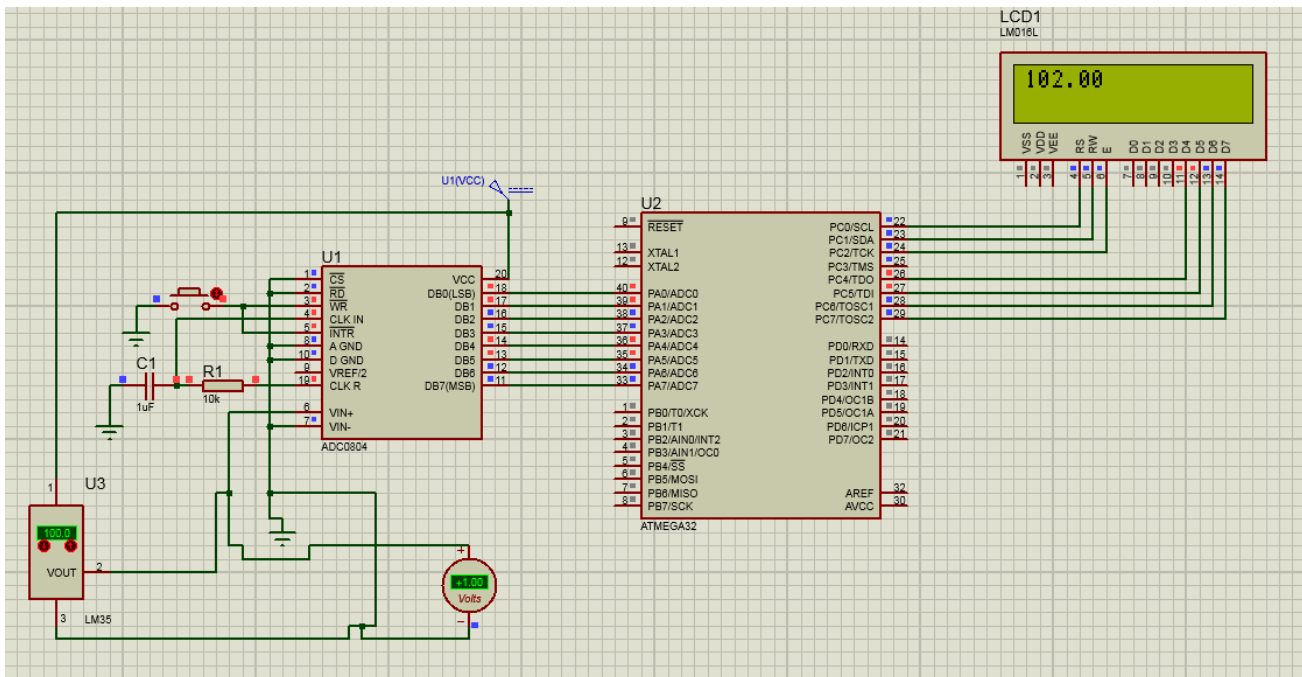
```
C:\Users\Mosavi\Desktop\amid\1\111.c
Notes 111.c
157 lcd_init(16);
158
159 while (1)
160 {
161     Q=PINA;
162     for(i=1;i<=8; ++i){
163         B[i-1]=(Q>>i-1)&2;
164     }
165     LB=(B[0]+2*B[1]+4*B[2]+8*B[3]);
166     MB=(B[4]+2*B[5]+4*B[6]+8*B[7]);
167     vout=((LB/16)+(MB/256))*5.12;
168     temp = (int)(vout);
169     vout3=(int)(100*(vout-temp));
170     sprintf(s,"%d", temp);
171     sprintf(k,"%d", vout3);
172     lcd_gotoxy(0,0);
173     lcd_puts(s);
174     delay_ms(100);
175     lcd_gotoxy(1,0);
176     delay_ms(100);
177     lcd_puts(".0");
178     lcd_gotoxy(3,0);
179     lcd_puts(k);
180     delay_ms(200);
181 }
```

شکل ۶: برنامه برداشت داده از یک منبع خارجی آنالوگ توسط ADC0804 و ارسال آن به ATmega32 جهت پردازش و نمایش ولتاژ بر روی LCD کاراکتری



شکل ۷: طراحی سخت افزاری مدار نمایش مقدار منبع ولتاژ در LCD گرافیکی با استفاده از ADC0804

حال به جای منبع ولتاژ آنالوگ، سنسور حرارتی LM35 را قرار داده و صحت عملکرد مدار را بررسی می کنیم. این مدار در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: مدار دماسنج طراحی شده توسط LM35، ADC0804 و میکروکنترلر ATmega32.

علت اختلاف دمای نشان داده شده توسط LCD و دمای محیط به خاطر این مسئله است که بنا به برگه اطلاعات LM35 ولتاژ خروجی LM35 را باید در عدد ۱۰۰ ضرب کرد تا دمای واقعی محیط به دست آید. این خطای ۲٪ تلورانس خطای سنسور LM35 است.

نتیجه گیری:

یکی از موضوعات بسیار مهم در علم الکترونیک و مهندسی پزشکی، داشتن درک صحیح از عملکرد سنسورها و چگونگی ارتباط این المان ها با میکروکنترلرها است. با داشتن چنین درکی باید با رفتار مبدل های آنالوگ به دیجیتال آشنا شد و از این ابزار برای ارتباط سنسورها با پردازنده مرکزی استفاده کرد. در مقاله حاضر با استفاده از سنسور دما LM35 و مبدل ADC0804 مراحل گام به گام طراحی یک دماسنج واقعی به همراه جزئیات دقیق برنامه نویسی میکروکنترلر ATmega32 شرح داده شد. هدف از این کار تحقیقاتی، آموزش ارتباط دهی سنسورها به میکروکنترلر بود. با درک صحیح موضوع بیان شده دانشجویان و مهندسان می توانند، با ارتباط سنسورهای دیگر به پردازنده مرکزی ابزار کاربردی مهندسی دیگری را نیز در این زمینه طراحی کنند.

مراجع:

- Auwal Abubakar, Muhammad. Temilola, Adepoju. Yusuf, M.A. Muhammad, Abdulhamid. (2017). Design and Implementation of a Microcontroller Based Digital Thermometer. International Conference of Science, Engineering & Environmental Technology (ICONSEET). 2 (2017). 132–140.
- Adebayo, Abayomi-alli. Akingboye, Yusuf. Izelein, Fred. (2013). International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 2, No 3, 229-238.
- <https://www.sigmaelectronics.net/manuals/ADC0804.pdf>
- <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2010/02/LM35-DATASHEET.pdf>



Step By Step Design Of Digital Thermometer Using ADC0804 Analog To Digital Converter And Atmega32 Microcontroller

Seyed Amidedin Mousavi

Department of Electrical Engineering, Zanzan Branch,
Islamic Azad University, , Zanzan, Iran

Negin Amin Afshar

Department of Electrical Engineering, Zanzan Branch,
Islamic Azad University, , Zanzan, Iran

Abstract

In electronic engineering and medical engineering, measuring quantities such as temperature, pressure, weight, distance, etc., and converting such quantities into digital data in order to send them to microcontrollers for their processing, is considered one of the important challenges in designing and manufacturing engineering tools. In the next step, the data must be processed in microcontrollers in order to make correct decisions and issue the necessary commands to the operators. For this purpose, in this article, it has been tried to use LM35 sensor and ADC0804 analog-to-digital converter to receive continuous temperature data from the sensor and convert it to digital data with the help of analog-to-digital converter and send it to the microcontroller. In the microcontroller, these data are received and with the necessary calculations, the exact value of the ambient temperature is calculated and converted into string data to be sent to the character LCD. Each step will be explained step by step in order to educate users. At the end, the designed circuit will be simulated in the Proteus software environment to check the correctness.

Keywords: Thermometer, LM35, ADC0804, Atmega32