

## ۱. معرفی آردوینو (Arduino)

آردوینو بردی میکروکنترلی است که به منظور پیاده سازی سریع و ساده در سیستم های نظارتی یا سیستم های کنترل حلقه باز یا حلقه بسته، که در آن داده از حسگر (آنالوگ یا دیجیتال) دریافت می شود و پس از تجزیه و تحلیل (توسط پردازنده داخلی برد آردوینو یا توسط رایانه) فرمان مرتبط به یک یا چند عملگر به منظور کنترل محیط پیرامون صادر می گردد، استفاده می شود. سخت افزار آردوینو شامل یک برد متن باز (Open source) است که از میکروکنترلرهای AVR یا ARM شرکت ATMEL استفاده می نماید. نرم افزار آردوینو (Integrated development environment (IDE))، که به زبان برنامه نویسی Java توسعه یافته است، نیز به صورت متن باز بوده و قابلیت برنامه ریزی (پروگرام) کردن میکروکنترلر برد آردوینو را با کمک زبان های C یا C++ فراهم می نماید. محصولات آردوینو سه دسته بردهای مادر (Motherboards)، شیلدها (Shields) و کیت ها (Kits) را شامل می شود.

### ۱-۱. بردهای مادر آردوینو

بردهای مادر آردوینو در واقع بردهای پایه آردوینو هستند که میکروپروسسور و درگاه منبع تغذیه بر روی آن قرار دارد و توانایی دریافت و ارسال اطلاعات را فراهم می سازد. بردهای آردوینو مختلفی، به منظور استفاده در پروژه های با اهداف مختلف، توسط شرکت سازنده به بازار عرضه شده است. با وجود اختلاف در مشخصات کارکردی و ظاهری، این بردها دارای اجزای تشکیل دهنده مشابهی هستند. چند نمونه از متداول ترین بردهای آردوینو به همراه مشخصات کارکردی آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.



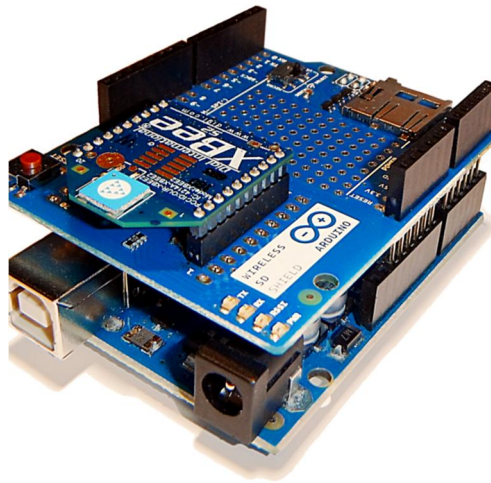
Model	Microcontroller	Operating	I/O	PWM	ADC	DAC	Flash	SRAM	EEPROM	Clock Speed
Arduino Uno	ATmega328	5V	14 (6 PWM)	6	6	-	32 KB	2 KB	1KB	16 MHz
Arduino Leonardo	ATmega32u4	5V	20	7	12	-	32 KB	2.5 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Mega 2560	ATmega2560	5V	54 (15 PWM)	15	16	-	256	8KB	4 KB	16 MHz
Arduino Micro	ATmega32u4	5V	20	7	12	-	32 KB	2.5 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Due	AT91SAM3X8E (ARM Cortex-M3)	3.3V	54 (12 PWM)	12	12	2	512 KB	96 KB	-	84 MHz

شکل ۱. چند نمونه برد متداول آردوینو همراه با مشخصات کارکردی آنها

### ۱-۲. شیلدهای آردوینو

شیلدها در واقع بردهایی هستند که قابلیت نصب بر روی بردهای مدار چاپی آردوینو (Arduino printed circuit board (Arduino-PCB)) را دارا می باشند. این شیلدها معمولاً ارزان قیمت بوده و نصب آنها بر روی برد آردوینو از طریق کانکتورهای استاندارد (Pin headers) به صورت ساده و سریع صورت می پذیرد. طراحی بردهای شیلد به نحوی صورت گرفته است که قابلیت نصب روی برد مادر آردوینو را به صورت بلوک های ساختمانی فراهم می سازد. برای نصب شیلدها، دو ردیف پین هدر مادگی استاندارد روی برد مادر آردوینو در نظر گرفته شده است. وجود پین هدرهای استاندارد این امکان را فراهم می سازد تا بتوان چندین شیلد را همزمان روی برد مادر آردوینو نصب کرد و هر کدام از شیلدها را به طور مجزا راه اندازی و کنترل

نمود. در این صورت هر برد شیلد روی برد شیلد پایینی نصب می‌گردد. شکل ۲ نمونه‌ای از شیلد مخصوص ارسال و دریافت داده به صورت بی‌سیم (Wireless) را نشان می‌دهد که روی یک برد مادر Arduino UNO سوار شده است.



شکل ۲. شیلد XBee سوار شده روی برد Arduino UNO به منظور ارسال و دریافت داده به صورت Wireless

### ۱-۳. کیت‌های آردوینو

کیت‌های آردوینو در واقع بسته‌هایی مشتمل بر یکی از انواع بردهای مادر آردوینو به همراه یک سری حسگر، عملگر، قطعات الکترونیکی یا شیلدهای آردوینو و کتابچه راهنما است که به منظور آموزش کار با آردوینو به صورت یکپارچه عرضه می‌گردد. توسط کیت‌های آموزشی امکان پیاده‌سازی چند پروژه پایه‌ای به منظور آشنایی و یادگیری قابلیت‌های آردوینو میسر می‌شود. کیت‌های آردوینو در سطوح مقدماتی، نیمه حرفه‌ای و پیشرفته موجود است (شکل ۳).



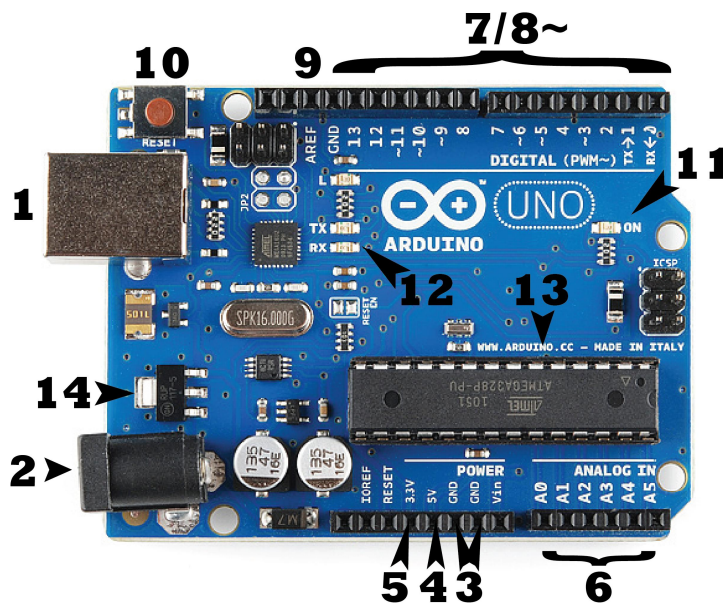
شکل ۳. نمونه‌ای از کیت آردوینو سطح مقدماتی

### ۲. مزایای استفاده از آردوینو

- عدم نیاز به لحیم کاری در راه‌اندازی
- عدم نیاز به سخت‌افزار جانبی جهت برنامه‌ریزی (پروگرام) کردن میکروپروسسور آردوینو
- سهولت نوشتن برنامه‌ها به دلیل سطح بالا بودن زبان برنامه‌نویسی موجود در نرم افزار Arduino IDE
- متن باز بودن سخت‌افزار و نرم‌افزار آردوینو و امکان توسعه سریع آن
- وجود کتابخانه‌های غنی، کدهای پیش نگارش شده رایگان و آموزش‌های متنوع تحت وب

### ۳. آشنایی با ساختمان برد Arduino UNO

Arduino UNO پایه‌ای‌ترین و پرکاربردترین نوع برد مادر آردوینو است. این برد مشتمل بر یک میکروپروسسور ATMEGA 328P، ۱۴ پین ورودی/خروجی دیجیتال، ۶ پین ورودی آنالوگ، سوکت (Socket) مادگی USB، جک مادگی منبع تغذیه (Power jack)، دکمه راه‌اندازی مجدد (Reset) و ... است. شکل ۴ نمونه‌ای از برد مادر Arduino UNO را نشان می‌دهد که در آن اجزای ساختاری مهم برد شماره‌گذاری گردیده است.



شکل ۴. برد Arduino UNO

#### ۳-۱. درگاه‌های ورودی تغذیه (Power (USB / Barrel Jack))

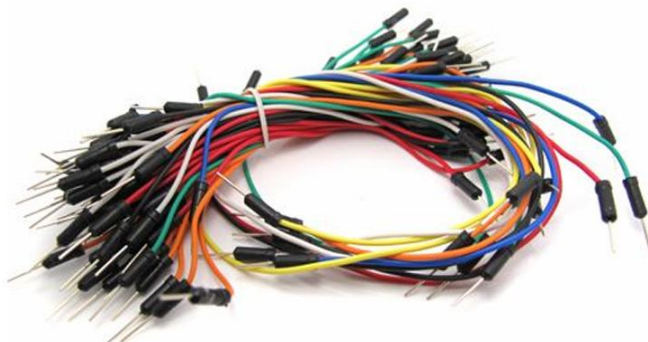
هر برد آردوینو جهت راه‌اندازی نیازمند منبع تغذیه است. برد Arduino UNO از طریق متصل نمودن به کامپیوتر با استفاده از کابل USB-type B یا استفاده از آداپتور دیواری (۵ الی ۹ ولت) مجهز به جک استوانه‌ای (Barrel jack) قابل راه‌اندازی است (شکل ۵). در شکل ۴ درگاه‌های تغذیه فوق‌الذکر به ترتیب با شماره‌های ۱ و ۲ مشخص گردیده است. از ارتباط USB علاوه بر تامین تغذیه برد می‌توان جهت برنامه‌ریزی (پروگرام) کردن میکروپروسسور برد آردوینو از طریق نرم‌افزار مربوطه و نیز ارتباط سریال مابین برد آردوینو با کامپیوتر استفاده نمود.



شکل ۵. کابل USB-type B (راست) و جک استوانه‌ای (چپ)

#### ۳-۲. پین‌ها (Pins)

پین‌ها بر روی برد آردوینو مکان‌هایی برای اتصال سیم‌ها (یا شیلدهای آردوینو) به منظور ایجاد یک مدار هستند. پین‌ها معمولاً دارای هدر (Pin headers) پلاستیکی مشکی رنگ می‌باشند که این امکان را فراهم می‌سازد تا سیم به راحتی داخل آن قرار داد. سیم‌های مورد استفاده در پروژه‌های توسعه‌ای از نوع Jumper (Jump wire, DuPont wire) می‌باشد (شکل ۶). در آردوینو پین‌های مختلفی وجود دارند که هر کدام از آن‌ها بر روی برد نامگذاری گردیده و برای هدف خاصی استفاده می‌شوند.



شکل ۶ نمونه‌ای از سیم‌های نوع Jumper مورد استفاده در ساخت بردهای توسعه‌ای

- پین GND (شماره ۳ در شکل ۴): این نوع پین جهت اتصال به زمین (Short for 'Ground') یا ایجاد ولتاژ صفر استفاده می‌شود. در برد Arduino UNO، سه عدد پین GND موجود می‌باشد.
- پین‌های ولتاژ ۵ ولت (شماره ۴ در شکل ۴) و ۳/۳ ولت (شماره ۵ در شکل ۴): این پین‌ها ولتاژ خروجی ۵ و ۳/۳ ولت را به عنوان تغذیه برای راه‌اندازی مدارهای متصل به آردوینو فراهم می‌آورند.
- پین‌های آنالوگ (شماره ۶ در شکل ۴): این پین‌ها با برچسب A0 الی A5 شماره‌گذاری شده‌اند. این پین‌ها توانایی خوانش سیگنال از حسگرهای آنالوگ و تبدیل آن به سیگنال دیجیتال را دارا می‌باشند.
- پین‌های دیجیتال (شماره ۷ در شکل ۴): این پین‌ها با برچسب 0 الی 13 شماره‌گذاری شده‌اند. از این پین‌ها هم به عنوان ورودی دیجیتال و هم به عنوان خروجی دیجیتال می‌توان استفاده نمود.
- پین‌های مدولاسیون عرض پالس (Pulse width modulation (PWM) (شماره ۸ در شکل ۴): این پین‌ها که با علامت ~ نشانه‌گذاری شده‌اند، پین‌های دیجیتال با برچسب 3، 5، 6، 9، 10 و 11 را شامل می‌گردد.
- پین مقایسه کننده آنالوگ (Analogue reference (AREF) (شماره ۹ در شکل ۴): این پین به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این پین زمانی استفاده می‌شود که نیاز به استفاده از یک ولتاژ مرجع خارجی (بین ۰ الی ۵ ولت) به عنوان آستانه بالا برای پین‌های ورودی آنالوگ وجود داشته باشد.

### ۳-۳. کلید راه‌اندازی مجدد (Reset button)

با فشردن این کلید (شماره ۱۰ در شکل ۴)، به طور موقت پین راه‌اندازی مجدد اتصال زمین (ولتاژ صفر) می‌گردد و تمامی کدهای بارگذاری شده در میکروپروسسور آردوینو را مجدداً از نو بازخوانی می‌نماید. استفاده از این کلید زمانی مناسب است که کد مورد استفاده قابلیت تکرار نداشته باشد اما کاربر متمایل باشد تا آن را مجدداً اجرا نماید.

### ۳-۴. LED نمایشگر توان (Power LED indicator)

این LED دقیقاً در زیر و سمت راست کلمه UNO، که بر روی برد آردوینو چاپ شده است، قرار دارد (شماره ۱۱ در شکل ۴). LED نمایشگر توان بایستی مادامی که برد آردوینو به منبع تغذیه متصل است، روشن باشد.

### ۳-۵. LEDهای TX و RX

این LEDها (شماره ۱۲ در شکل ۴) نمایشگر ارسال داده (Transmit (TX) و دریافت داده (Receive (RX) می‌باشند. از این علائم در الکترونیک جهت نشان دادن پین‌های مسئول جهت ارسال داده (پین دیجیتال شماره ۱) و دریافت داده (پین دیجیتال شماره ۰) از طریق پورت سریال (Serial) استفاده می‌شود.



(port) استفاده می‌شود. این LEDها جهت مشاهده بصری اطمینان از ارسال و دریافت داده از طریق پورت سریال (همانند زمانی که میکروپروسسور برد آردوینو پروگرام می‌شود) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۳-۶. مدار مجتمع مرکزی (Main integrated circuit (IC))

از این بخش به عنوان مغز برد آردوینو یاد می‌شود (شماره ۱۳ در شکل ۴). مدار مجتمع مرکزی در Arduino UNO یک میکروپروسسور از نوع ATMEGA 328P می‌باشد. این آی سی توانایی ذخیره ۳۲ کیلو بایت برنامه را در خود دارا می‌باشد.

### ۳-۷. تنظیم کننده ولتاژ (Voltage regulator)

وظیفه تنظیم کننده ولتاژ (شماره ۱۴ در شکل ۴) کنترل مقدار ولتاژ ورودی به برد آردوینو است. تنظیم کننده ولتاژ از ورود ولتاژ مازاد، که ممکن است منجر به صدمه به برد آردوینو گردد، ممانعت به عمل می‌آورد. تنظیم کننده ولتاژ دارای حد آستانه ۲۰ ولت می‌باشد. بنابراین مقادیر ولتاژ ورودی بالاتر از ۲۰ ولت ممکن است که منجر به وارد آمدن صدمه به برد آردوینو گردد!

## ۴. آشنایی مقدماتی با نرم افزار Arduino IDE و نحوه برنامه‌ریزی (پروگرام) کردن برد آردوینو

نرم افزار Arduino IDE از طریق وبسایت رسمی آردوینو و به آدرس زیر قابل دانلود است:

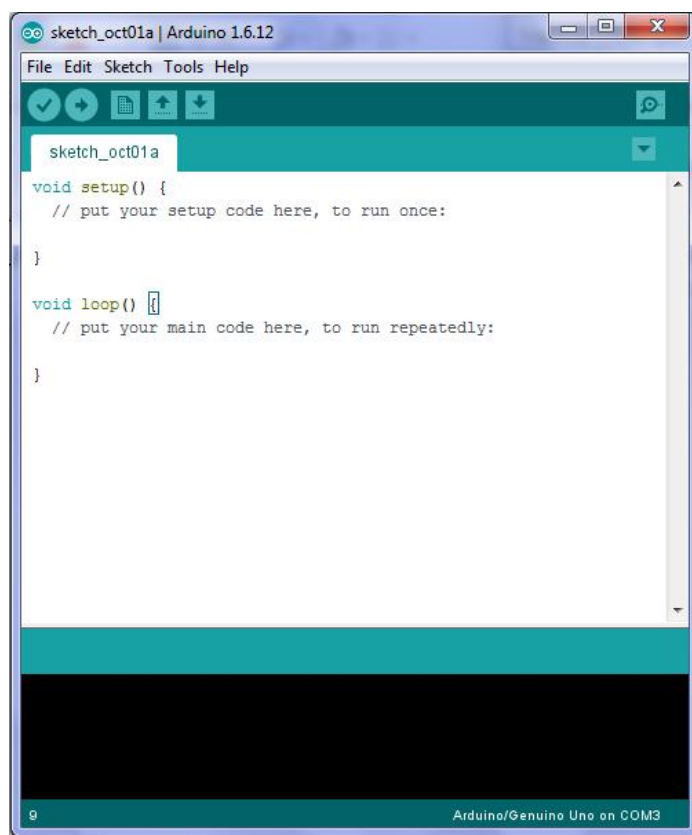
<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

این نرم‌افزار روی سیستم عامل‌های ویندوز، Mac OS X و لینوکس قابل اجرا می‌باشد. پس از دانلود نرم افزار و نصب آن بر روی کامپیوتر، با کلیک بر روی فایل Arduino.exe پنجره اصلی نرم افزار، مطابق آنچه در شکل ۷ نمایش داده شده است، در دسترس خواهد بود.

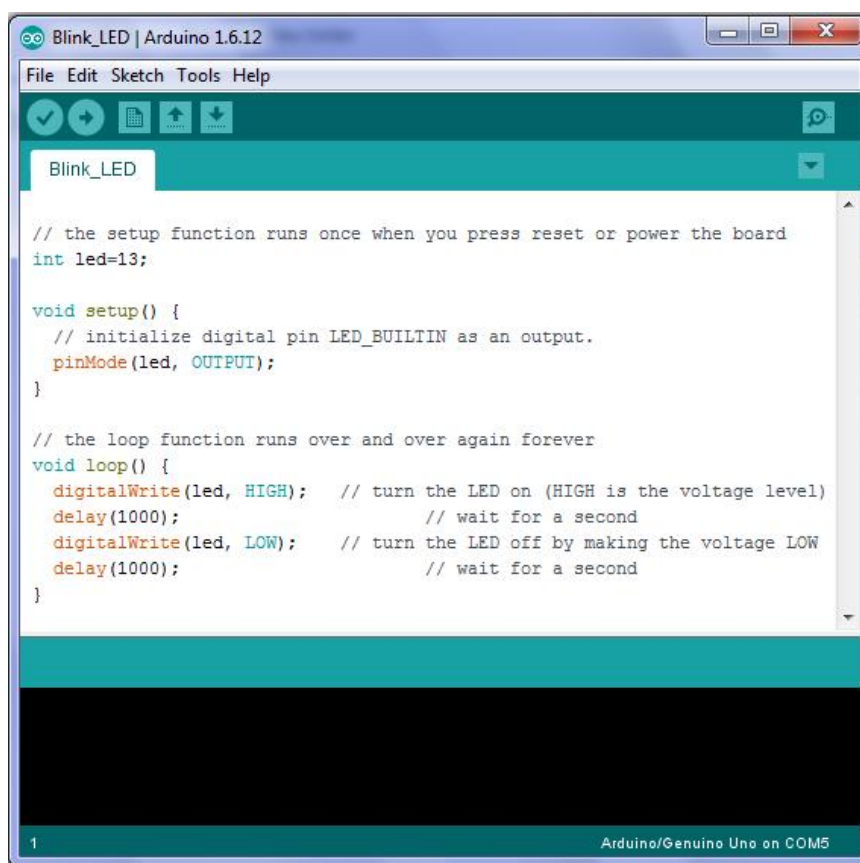
با باز شدن یک پروژه جدید، کدهای زیر به صورت خودکار ایجاد می‌گردد:

```
void setup() {  
    // put your setup code here, to run once:  
  
}  
  
void loop() {  
    // put your main code here, to run repeatedly:  
  
}
```


همانطور که ملاحظه می‌گردد، کدهای مربوط به برنامه در این نرم افزار بایستی در سه بخش ابتدای برنامه، بخش setup و بخش loop نگارش شوند. از بخش ابتدایی برنامه جهت تعریف متغیرهای عمومی (Global variables) استفاده می‌شود. در بخش setup، مقادیر و شرایط اولیه متغیرها در برنامه مشخص می‌شوند. همچنین در این بخش برای آردوینو مشخص می‌گردد که چه نوع عملیاتی قرار است که انجام شود. کدهای نوشته شده در این بخش صرفاً یک بار در هر بار اجرای برنامه به اجرا در می‌آیند. بخش loop نیز به صورت حلقه‌وار کدهایی که در داخل آن قرار گرفته است را تکرار می‌نماید. در نرم‌افزار آردوینو هر جا لازم باشد تا توضیحاتی (Comment) در مورد برنامه داده شود، به گونه‌ایکه جزو کدهای اجرایی محسوب نگردد، متن مورد نظر بایستی پس از کاراکترهای // نگارش شود. شکل ۸ به عنوان نمونه برنامه‌ای را نشان می‌دهد که در آن یک عدد LED به صورت متمادی به مدت یک ثانیه روشن و یک ثانیه بعد خاموش می‌شود.



شکل ۷. پنجره اصلی نرم افزار Arduino IDE



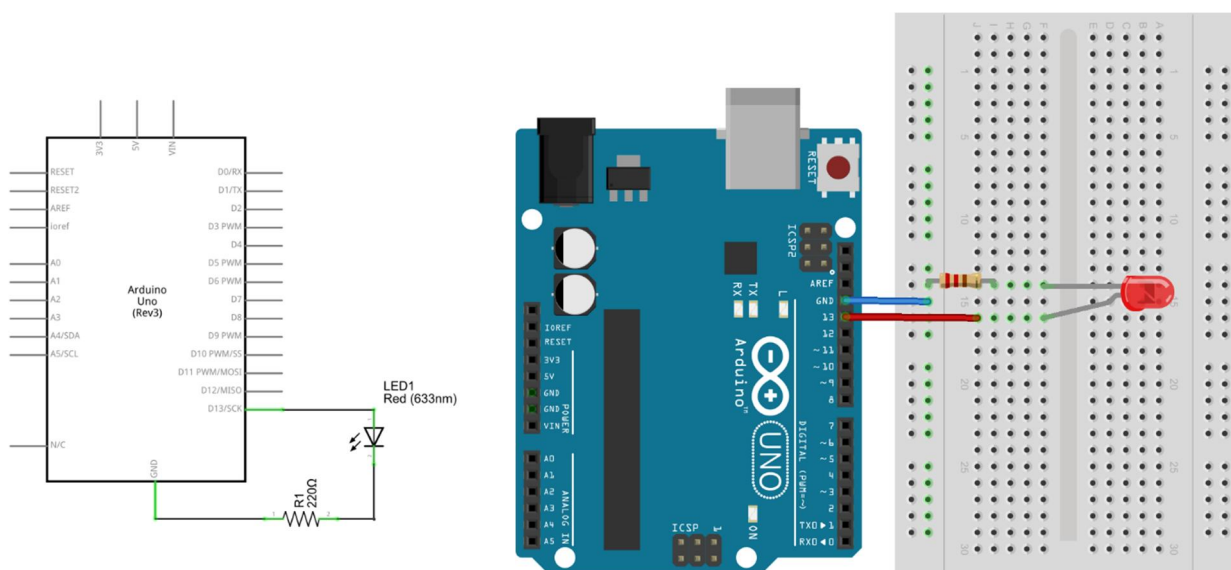
شکل ۸. برنامه LED چشمک زن یک ثانیه ای

جهت کامپایل کردن برنامه نوشته شده و مطمئن شدن از درستی کدهای برنامه بایستی ابتدا نوع برد آردوینو مورد استفاده را تعیین نمود. برای این منظور می‌بایست از سربرگ Tools گزینه Board و سپس نوع برد آردوینو مدنظر (در اینجا گزینه Arduino/Genuino Uno) را انتخاب نمود. سپس می‌توان مستقیماً در نوار ابزار پنجره اصلی آردوینو بر روی آیکن  کلیک نمود یا از سربرگ Sketch گزینه Verify/Compile را انتخاب نمود یا کلیدهای Ctrl و R را به صورت همزمان فشار داد تا برنامه نوشته شده مختص برد آردوینو انتخاب شده کامپایل گردد. در صورت عدم وجود خطا در برنامه، پس از چند ثانیه برنامه کامپایل شده و پیغامی مبنی بر حجم برنامه کامپایل شده بر حسب بایت و درصد حجمی که برنامه در میکروپروسسور آردوینو اشغال می‌نماید را در نوار مشکی رنگی که در پایین پنجره اصلی نرم افزار آردوینو قرار دارد، نشان می‌دهد (شکل ۹). برنامه نشان داده شده در شکل ۸ پس از کامپایل شدن حجمی برابر ۹۴۰ بایت (معادل ۲ درصد از میکروپروسسور ۳۲ کیلو بایتی موجود بر روی برد Arduino UNO) خواهد داشت.

```
Sketch uses 940 bytes (2% of program storage space. Maximum is 32,256 bytes.
Global variables use 9 bytes (0% of dynamic memory, leaving 2,039 bytes for local variables. Maximum is 2,048 bytes.
```

شکل ۹. نمونه‌ای از پیغام نشان داده شده پس از کامپایل موفق برنامه

به منظور انتقال برنامه به میکروپروسسور برد آردوینو، پس از اتصال برد از طریق کابل USB به کامپیوتر، ابتدا می‌بایست شماره پورت سریالی (COM) که کامپیوتر به سخت‌افزار برد آردوینو اختصاص داده است تا از طریق آن ارتباط سریال مابین کامپیوتر و برد آردوینو برقرار شود را معرفی نمود. بدین منظور از سربرگ Tools گزینه Port و سپس پورت COM مربوطه (مثلاً در مورد این مثال COM5) را می‌بایست انتخاب نمود. سپس می‌توان مستقیماً در نوار ابزار پنجره اصلی آردوینو بر روی آیکن  کلیک نمود یا از سربرگ Sketch گزینه Upload را انتخاب نمود یا کلیدهای Ctrl و U را به صورت همزمان فشار داد تا آردوینو برنامه‌ریزی (پروگرام) گردد. با مشاهده پیغام Done uploading در نوار سبز رنگ واقع در پایین پنجره اصلی نرم افزار آردوینو، عمل پروگرام کردن پایان یافته است و برد آردوینو آماده استفاده در مدار مدنظر است. حال می‌توان پروژه LED چشمک‌زن را مشابه آنچه در شکل ۱۰ نشان داده شده است، با استفاده از بردبرد (Breadboard)، برد آردوینو، یک عدد مقاومت ۲۲۰ اهم و یک عدد LED، پیاده‌سازی نمود.



شکل ۱۰. نحوه پیاده‌سازی پروژه LED چشمک زن