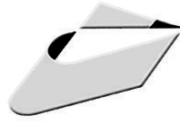


به نام خدا

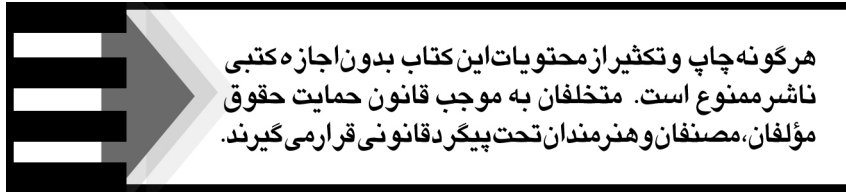


مؤسسه فرهنگی هنری
دیبگران تهران

برنامه نویسی به زبان C
برای دانشجویان الکترونیک و سخت افزار
(Embedded C)

مؤلف

رضا سپاس یار



برنامه نویسی به زبان C برای دانشجویان الکترونیک و سخت افزار (Embedded C)

مؤلف: رضا سیاس یار

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آرایی: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: ادیبان ایران

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قیمت با CD همراه: ۱۲۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۲۴۱-۰

ISBN: 978-600-124-241-0

سرشناسه: سیاس یار، رضا، ۱۳۶۳-
عنوان و نام پدیدآور: برنامه نویسی به زبان C برای دانشجویان الکترونیک
و سخت افزار (Embedded C) / مؤلف رضا سیاس یار.
مشخصات نشر: تهران: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری: ۱۲۸ص.
شابک: 978-600-124-241-0
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
موضوع: سی (زبان برنامه نویسی کامپیوتر)
رده بندی کنگره: ۱۳۹۲ ۲۳س۹/س۹ QA۷۶/۷۳
رده بندی دیویی: ۰۰۵/۱۳۳
شماره کتابشناسی ملی: ۳۰۸۵۷۹۳

نشانی دفتر مرکزی: تهران، سعادت آباد، میدان کاج، خ سرو شرقی، روبه روی خ علامه، پلاک ۴۹

وب سایت: dibagaran.mft.info

صندوق پستی: ۱۴۳۳۵/۹۴۳

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب، خ کارگر جنوبی، قبل از چهارراه لبافی نژاد، پلاک ۱۲۵۱

کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۱۲

فروش اینترنتی: www.mftshop.com

پست الکترونیکی: bookmarket@mftmail.com

فهرست مطالب

مقدمه ناشر ۵

مقدمه مؤلف ۶

فصل اول: سیستم‌های Embedded

۱-۱ سیستم‌های Embedded ۱۱

۱-۲ نمونه‌ای از یک سیستم Embedded ۱۲

۱-۳ تفاوت نرم‌افزار و ثابت‌افزار ۱۳

۱-۴ اجزای برنامه ۱۴

فصل دوم: انواع داده

۲-۱ مقدمه ۱۷

۲-۲ کاراکتر ۱۷

۲-۳ عدد صحیح ۱۸

۲-۴ عدد اعشاری ۱۹

۲-۵ اشاره‌گر ۲۰

۲-۶ آرایه ۲۳

۲-۷ رشته ۲۴

۲-۸ Structure ۲۷

۲-۹ پیشوندهای 0x و 0 ۲۹

۲-۱۰ پیشوند const ۲۹

۲-۱۱ ثوابت خاص ۳۰

۲-۱۲ Type Cast ۳۰

۲-۱۳ کامپایلر Embedded Workbench ۳۱

۲-۱۴ مثال‌های حل شده ۳۷

۲-۱۵ تمرین ۴۷

فصل سوم: الگوریتم

۳-۱ مقدمه ۴۹

۳-۲ عملگرها ۴۹

۵۳	.....if ساختار شرطی	۳-۳
۵۶	.....switch ساختار انتخاب	۳-۴
۶۱	.....while حلقه	۳-۵
۶۳	.....for حلقه	۳-۶
۶۴	.....الگوی کلی برنامه میکروکنترلرها	۳-۷
۶۵	.....مثال‌های حل شده	۳-۸
۸۴	.....تمرین	۳-۹

فصل چهارم: تابع

۸۵	.....مقدمه	۴-۱
۸۵	.....مفهوم تابع	۴-۲
۸۶	.....اجزای تابع	۴-۳
۸۸	.....فراخوانی تابع با مقدار	۴-۴
۹۱	.....فراخوانی تابع با ارجاع	۴-۵
۹۴	.....#define دستور	۴-۶
۹۵	.....اشاره‌گر به تابع	۴-۷
۹۸	.....مثال‌های حل شده	۴-۸
۱۰۸	.....تمرین	۴-۹

فصل پنجم: برنامه‌نویسی ماژولار

۱۰۹	.....برنامه‌نویسی به روش ماژولار	۵-۱
۱۱۰	.....اجزای ماژول	۵-۲
۱۱۰	.....طراحی یک ماژول نمونه	۵-۳
۱۲۴	.....تمرین	۵-۴
۱۲۵	.....پیوست	
۱۲۷	.....فهرست منابع	

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرضه کتاب های است که تواند

خواسته های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام هایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی ترین و راحت ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع رسانی، بیش از پیش روشن می نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "**جناب آقای رضا سپاس یار**" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویرایش و صفحه آرایی کامپیوتری: مهسا کوراوی و معصومه گنجی پور

ویراستاری: فاطمه پورعبدل

طرح جلد: مینا دیده بان

ناظران چاپ: حیدر شفیعی و کریم براغ

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش پژوه گرامی درخواست می نماید با مراجعه به **آدرس** dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

publishing@mftmail.com

مقدمه مؤلف

سال‌ها قبل به دلیل محدود بودن امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، برنامه‌نویسی قطعات الکترونیکی (مانند میکروپروسور، میکروکنترلر و DSP) تنها به زبان اسمبلی امکان‌پذیر بود؛ با گذشت زمان، کارایی کامپایلرها، سرعت تراشه‌ها و مقدار حافظه این قطعات افزایش یافت و استفاده از زبان‌های سطح بالا در برنامه‌نویسی تراشه‌ها به امری معمول تبدیل شد.

یکی از زبان‌های پرکاربرد در برنامه‌نویسی قطعات الکترونیکی، C است که هم سادگی و خوانایی زبان‌های سطح بالا را دارد و هم انعطاف و قدرت زبان اسمبلی؛ بنابراین یادگیری این زبان یکی از موارد ضروری برای هر دانشجو یا فارغ‌التحصیل رشته برق یا سخت‌افزار است. یکی از مشکلاتی که همواره دانشجویان و علاقه‌مندان برق و الکترونیک با آن مواجه هستند، گستردگی این زبان و فقدان منابع مناسب برای این دسته از افراد است. علت این است که مخاطب عمده کتاب‌های C موجود در بازار، دانشجویان رشته نرم‌افزار و برنامه‌نویسان PC هستند. حجم و قیمت بالای این کتاب‌ها و عدم ضرورت بخش عمده‌ای از آن‌ها برای دانشجویان الکترونیک، اغلب موجب بروز مشکل شده و چنانچه پشتکار و زمان کافی وجود نداشته باشد ممکن است باعث مأیوس شدن دانشجو از یادگیری این زبان شود. با هدف حل مشکلات فوق سعی شده است که این کتاب یک آموزش سریع، ساده و ارزان برای یادگیری زبان C باشد و خواننده در کوتاه‌ترین زمان و با صرف کمترین هزینه موارد ضروری برای برنامه‌نویسی قطعات الکترونیکی به زبان C را بیاموزد.

اگرچه برای آزمایش و شبیه‌سازی برنامه‌های کتاب از کامپایلر IAR EWAVR استفاده شده است اما لازم است توجه شود که هدف این کتاب یادگیری میکروکنترلر یا کامپایلر خاصی نیست و خواننده می‌تواند برای مطالعه در این موارد از منابع دیگر استفاده کند^۱. از آنجایی که EWAVR یک کامپایلر استاندارد C است، برنامه و ساختارهای معرفی شده در این کتاب را می‌توانید در کامپایلرهای دیگر (نظیر CodeVisionAVR، CCS، Keil، MPLAB و...) نیز استفاده کنید.

یکی از ویژگی‌های مفید EWAVR، محیط شبیه‌ساز و *اشکال‌زدای*^۲ قدرتمند آن است که امکان بسیار ارزشمندی برای یادگیری و آزمایش عملکرد برنامه است. در بخش ۱۳-۲ روش اشکال‌زدایی برنامه در محیط EWAVR توضیح داده شده است و به خواننده پیشنهاد می‌شود برای یادگیری بیشتر تمام مثال‌ها و تمرین‌های کتاب را در این محیط آزمایش کند. نکته مهمی که در مورد این کتاب لازم است مدنظر قرار گیرد عدم استفاده از خروجی استاندارد با استفاده از توابع مشابه printf است. از آنجایی که در میکروکنترلرها برخلاف PC، مانیتور و صفحه‌کلید، ورودی و خروجی استاندارد نیستند^۳ به جای این

۱- برای مطالعه در مورد میکروکنترلرها می‌توانید به لیست منابع در انتهای کتاب مراجعه کنید.

2- Debugger

۳- در میکروکنترلرها معمولاً خروجی استاندارد، پورت سریال است که پس از مطالعه این کتاب می‌توانید طرز کار آن را از منابع یادگیری میکروکنترلر بیاموزید، دو مورد از این کتاب‌ها در بخش منابع معرفی شده‌اند.

توابع از sprinft استفاده شده است که می‌توانید جزئیات متن ارسال شده روی رشته را در پنجره Watch از محیط شبیه‌ساز EWAVR مشاهده کنید.

مطالب و مثال‌های این کتاب حاصل تدریس چندین سال دوره Embedded C (برنامه‌نویسی ویژه میکروکنترلرها) در مجتمع فنی تهران بوده و تا حد امکان از صحت آن‌ها اطمینان وجود دارد با این حال مؤلف نظرات انتقادی و پیشنهادی خوانندگان را پذیرا بوده و از آن‌ها در بهبود کیفیت ویرایش‌های بعدی کتاب استفاده خواهد کرد. در پایان لازم می‌دانم از سرکار خانم مهندس محبعلی کارشناس محترم دپارتمان برق و الکترونیک مجتمع فنی تهران (شعبه غرب) که زحمت بازخوانی و ویرایش فنی کتاب را به عهده گرفتند کمال تشکر را داشته باشم.

رضا سپاس‌یار

sepasyar@gmail.com

تاریخچه زبان C

C یک زبان برنامه‌نویسی کارآمد و همه‌منظوره است که در سال‌های ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۳ به‌وسیله **دنیس ریچی**^۱ در **آزمایشگاه‌های بل**^۲ طراحی شد. نسخه اولیه این زبان، به نوعی تکامل یافته و جایگزین زبان B بود که قبلاً در آزمایشگاه‌های بل ابداع شده بود. ریچی و همکارش **برایان کرنیگن**^۳ در سال ۱۹۸۷ کتابی را منتشر کردند که سال‌ها به عنوان استاندارد غیر رسمی، مرجع برنامه‌نویسان C بود اما سازمان ANSI در سال ۱۹۸۹ استاندارد C را منتشر کرد؛ به این دلیل معمولاً نسخه اولیه این زبان را ANSI خطاب می‌کنند.

زبان C به عنوان ابزاری برای طراحی سیستم‌عامل Unix ایجاد شد، بنابراین هدف اصلی این بود که تا حد امکان کارا و توانمند باشد. اگرچه هدف تمام زبان‌های برنامه‌نویسی این است که کارآمد باشند اما برای اغلب آن‌ها موضوعات دیگری نیز اهمیت دارد. به عنوان مثال هدف اصلی نسخه اولیه Pascal این بوده که از طریق آن بتوان به دانشجویان، برنامه‌نویسی **ساخت یافته**^۴ را آموزش داد یا زبان Basic تا حد امکان ساده و نزدیک به زبان محاوره طراحی شد تا به‌وسیله آن بتوان به دانش‌آموزانی که با کامپیوتر آشنا نیستند برنامه‌نویسی یاد داد.

چرا زبان C

C در ابتدا برای طراحی سیستم‌عامل ابداع شده بود اما به دلیل قابلیت‌های فراوان آن، به سرعت در کاربردهای دیگر نظیر طراحی برنامه‌های کاربردی و برنامه‌نویسی تراشه‌ها نیز به کار گرفته شد. مقبولیت و کاربرد وسیع این زبان دلایل متعددی دارد که در اینجا به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

۱- امکان برنامه‌نویسی به سبک ماژولار^۵

برنامه مناسب و صحیح به سبکی طراحی می‌شود که **اشکال زدایی**^۶، ارتقا، استفاده مجدد و انتقال آن به تراشه‌های دیگر به ساده‌ترین شکل امکان‌پذیر باشد. استفاده از سبک برنامه‌نویسی ماژولار، شیوه‌ای مناسب برای طراحی این سیستم‌ها است که مزایای فراوانی را به همراه دارد. زبان C و کامپایلرهای C امکان برنامه‌نویسی به روش ماژولار را فراهم می‌کنند.

1- Dennis Ritchie
2- Bell Labs
3- Brian Kernighan
4- Structured
5- Modular
6- Debug

۲- بازدهی^۱ بالا

بازدهی یا کارایی کامپایلر شامل دو موضوع حجم کد تولیدی و سرعت اجرا می‌باشد. C یک زبان با بازدهی بالاست. برنامه‌های C فشرده هستند و سریع اجرا می‌شوند. در صورتی که کامپایلر و زبان برنامه‌نویسی، به اندازه کافی کارا نباشد، طراح باید از قطعه با حافظه بیشتر و سرعت بالاتر استفاده کند و این به معنای افزایش هزینه‌هاست. شرکت‌هایی که به صورت انبوه محصولی را تولید می‌کنند باید از کامپایلرهای با بازدهی بالاتر استفاده کنند تا قیمت محصول نهایی آن‌ها مناسب‌تر و قابل رقابت باشد.

۳- دسترسی به سخت‌افزار و حافظه

مهم‌ترین مزیت زبان C امکان دسترسی به حافظه از طریق اشاره‌گر است. اشاره‌گر امکان‌ات فراوانی به برنامه‌نویس می‌دهند که به وسیله آن می‌توان برخی عملیات موردنیاز روی داده و برنامه را با حداقل سرشار نرم‌افزاری انجام داد. اشاره‌گر امکان مفیدی است که در **دستکاری رشته‌ها^۲**، دسترسی به آرایه‌ها، فراخوانی توابع، ارسال آرگومان به توابع، دسترسی به اعضای یک Structure، تخصیص حافظه و بسیاری موارد دیگر مفید واقع می‌شود.

۴- وجود استاندارد

اکثر شرکت‌های تولید کننده کامپایلر C، سعی می‌کنند در طراحی کامپایلر از استاندارد ANSI C پیروی کنند از اینرو گرامر و امکان‌ات زبان، در اکثر کامپایلرها مشابه یکدیگر است و بنابراین با صرف کمترین زمان و هزینه می‌توان کد برنامه را به کامپایلرهای دیگر منتقل کرد. این ویژگی زمانی اهمیت پیدا می‌کند که طراح قصد داشته باشد، پروژه‌های پیشین را به قطعه‌ای دیگر منتقل کند.

۵- وجود سیستم‌عامل‌های بی‌درنگ (RTOS^۳)

بخش عمده‌ای از سیستم‌های میکروکنترلری دارای محدودیت‌های زمانی هستند و باید به صورت بی‌درنگ عمل کنند. در کاربردهای Real-Time نیاز به استفاده از RTOS است که تقریباً تمام RTOS‌های موجود به زبان C هستند.

۶- امکان استفاده از مستندات و منابع موجود

شرکت‌های سازنده میکروکنترلرها و تراشه‌های DSP، برای پشتیبانی از کاربر معمولاً مستندات (را در قالب Application Note یا Design Guide) در اختیار آن قرار می‌دهند که استفاده از آن‌ها می‌تواند بسیار مفید باشد. به عنوان مثال شرکت Atmel (که تولیدکننده میکروکنترلر AVR است) منابع و پروژه‌های ارزشمندی را در قالب Application Note در سایت خود ارائه کرده است که تقریباً تمام آن‌ها به زبان C

1- Efficiency

2- String Manipulation

3- Real-Time Operating System

(و تعداد محدودی به زبان اسمبلی) هستند. علاوه بر این، بخش عمده‌ای از نمونه برنامه‌ها و کتابخانه‌های کاربردی منتشر شده در وب به زبان C هستند.

۷- پشتیبانی از Union و Structure

زبان C از نوع داده‌های ساخت‌یافته مانند Structure پشتیبانی می‌کند. Structure، امکان بسیار مفیدی است که استفاده از آن موجب افزایش انسجام برنامه می‌شود. علاوه بر Structure ساختاری به نام Union در زبان C وجود دارد که یکی از کاربردهای آن، تجزیه و ترکیب داده بدون سرریز نرم‌افزاری است.

۸- موارد دیگر

موارد دیگری از قبیل پشتیبانی از نوع داده enum، امکان تعریف ماکرو، پشتیبانی از bitfield و کلمه کلیدی Typedef از جمله مزایای کامپایلرهای C هستند. enum یکی از کلمات کلیدی کامپایلر است که استفاده از آن معمولاً در برنامه‌های State based مفید واقع می‌شود. ماکروها نیز امکانات فراوانی به برنامه‌نویس می‌دهند که منجر به ساده‌تر شدن برنامه‌نویسی، افزایش خوانایی برنامه و تسهیل انتقال آن به میکروکنترلرهای دیگر می‌شود. Bitfield یکی از امکانات مفید زبان C است که در برنامه‌نویسی سیستم‌های Embedded کاربرد فراوانی دارد. Typedef کردن نوع داده‌ها نیز منجر به سهولت انتقال برنامه به میکروکنترلرهای دیگر می‌شود.