



دانشکده مهندسی کامپیوتر

استاد علی جوادی

نیمسال اول ۱۴۰۴

طراحی سیستم‌های نهفته و بی‌درنگ

تمرین سری سوم

تاریخ انتشار: ۱۳ دی‌ماه

تاریخ تحویل: ۲۷ دی‌ماه

قوانین و مقررات انجام و تحویل تمارین

۱. پاسخ سوالات را به صورت کامل با توجه به نوع و شماره هر سوال در قالب گزارش PDF در یک فایل فشرده به شکل زیر قرار داده و تا زمان تعیین شده در LMS بارگذاری نمایید.

HW-[Number]-[Name]-[LastName]-[StudentID].zip

۲. در مجموع کل ترم به میزان یک هفته تاخیر در تمارین مجاز است و از نمره شما کسر نخواهد شد.

۳. لطفاً منابع استفاده شده شامل هرگونه منبع (کد، مقاله، کتاب، صفحه وب و...) در حل هر سوال را ذکر نمایید. از نظر اخلاقی نیز استفاده از منبع بدون ارجاع، سرقت علمی به حساب می‌آید.

۴. تمرین باید به صورت انفرادی انجام شوند و حل گروهی مجاز نیست. در صورت وجود هرگونه مشابهت نمره طرفین (۱۰۰-) در نظر گرفته خواهد شد.

۵. استفاده از مدل‌های زبانی هوش مصنوعی صرفاً باید در جهت کمک به فهم دقیق‌تر سوالات باشد. در نهایت تحلیل خود را به عنوان پاسخ بنویسید.

۶. پس از حل سوالات عملی، لطفاً فایل کد خود را به همراه یک ویدیو که در آن مراحل پیاده‌سازی و اجرای پروژه را توضیح می‌دهید، ارسال کنید.

۱ سوالات

۱. فرض کنید مجموعه‌ای از چهار کار با مشخصات زیر داریم. زمان‌های ورود (r_i)، مهلت‌های زمانی مطلق (D_i) و زمان‌های اجرا (C_i) به شرح زیر هستند:

کار	r_i (زمان ورود)	D_i (مهلت مطلق)	C_i (زمان اجرا)
J_1	۱۰	۱۸	۴
J_2	۰	۲۸	۱۲
J_3	۶	۱۷	۳
J_4	۳	۱۳	۶

خواسته مسأله: یک نمایش گرافیکی (نمودار گانت) از زمان‌بندی این مجموعه کارها را با استفاده از الگوریتم **Earliest Deadline First (EDF)** رسم کنید.

۲. فرض کنید سیستمی متشکل از دو وظیفه داریم. وظیفه ۱ دارای دوره تناوب ۵ و زمان اجرای ۲ است. وظیفه ۲ دارای دوره تناوب ۷ و زمان اجرای ۴ است. فرض کنید مهلت‌های زمانی^۱ برابر با دوره‌های تناوب هستند و از الگوریتم زمان‌بندی **Rate Monotonic (RMS)** استفاده می‌کنیم.

وظیفه	زمان اجرا (C_i)	دوره تناوب (T_i)
τ_1	۲	۵
τ_2	۴	۷

خواسته مسأله:

(آ) آیا ممکن است هیچ‌یک از این دو وظیفه به دلیل بهره‌وری^۲ بیش از حد پردازنده، مهلت زمانی خود را از دست بدهند؟ (توضیح دهید).

(ب) بهره‌وری کل سیستم را محاسبه کرده و آن را با کران تضمین‌کننده زمان‌بندی‌پذیری مقایسه کنید.

(ج) نمودار گانت (**Gantt Chart**) حاصل از زمان‌بندی را رسم کنید. فرض کنید وظایف حتی اگر مهلت زمانی خود را از دست بدهند، تا تکمیل شدن اجرا به کار خود ادامه می‌دهند (**Abort** نمی‌شوند).

^۱ Deadlines
^۲ Utilization

۳. یک پردازنده موظف است مجموعه وظایف زیر را اجرا کند. این وظایف با پارامترهای زمان اجرا (C)، مهلت زمانی نسبی (D) و دوره تناوب (T) توصیف شده‌اند:

τ_3	τ_2	τ_1	
۴	۲	۲	C_i
۸	۴	۵	D_i
۱۲	۸	۶	T_i

خواسته مسأله:

- (آ) آزمون شرط کافی^۳ زمان‌بندی‌پذیری را برای الگوریتم **Deadline Monotonic** (DM) انجام داده و نتیجه را محاسبه کنید. بر اساس نتیجه‌ی به‌دست‌آمده، چه قضاوتی می‌توان در مورد زمان‌بندی‌پذیری سامانه کرد؟
- (ب) آزمون شرط لازم و کافی^۴ را برای الگوریتم **DM** انجام داده و نتیجه را محاسبه کنید. بر اساس این نتیجه، چه حکمی در مورد زمان‌بندی‌پذیری سامانه می‌توان داد؟
- (ج) اگر برای مجموعه وظایف داده‌شده زمان‌بندی امکان‌پذیر (Feasible) وجود دارد، آن را به صورت گرافیکی (نمودار گانت) رسم کنید. فرض کنید فاز اولیه تمام وظایف صفر است ($\Phi_i = 0$).

۴. در این سوال، کد FreeRTOS پیوست‌شده در ضمیمه را نظر بگیرید که پارامترهای زمان‌بندی آن بر اساس شماره دانشجویی شما تعیین می‌شود:

- (آ) با فرض نرخ تیک ۱۰۰ هرتز (یعنی ۱۰ میلی‌ثانیه در هر تیک)، نمودار گانت را برای اجرای این وظایف در ۱۰۰ میلی‌ثانیه اول از زمان راه‌اندازی سیستم رسم کنید.
- (ب) زمان اجرای هر تسک، زمان مسدود یا بلاک شدن آن، و مکان‌های وقوع Context Switching را نمایش دهید.

- (ج) خروجی چاپ شده در کنسول را مشخص کنید و تصویر آن را به‌عنوان پاسخ به سوال ارسال نمایید. (برای نمایش در کنسول نیازی به آپلود کد روی میکروکنترلر نیست، شما می‌توانید از سایت Wokwi برای این منظور استفاده کنید.)

۵. سه تسک که به‌طور مشترک از منابع یا منبع یک سنسور استفاده می‌کنند:

Sufficient Test^۳
Exact Test^۴

TaskA (اولویت ۳): هر ۳۰ میلی‌ثانیه اطلاعات سنسور را دریافت می‌کند.

TaskB (اولویت ۲): هر ۵۰ میلی‌ثانیه اطلاعات سنسور را پردازش یا پراسس می‌کند.

TaskC (اولویت ۱): هر ۱۰۰ میلی‌ثانیه اطلاعات سنسور را چاپ می‌کند.

SemaphoreHandle_t sensorMutex;

(آ) یک خط زمانی ایجاد کنید که نشان دهد چگونه وارونگی اولویت (Priority Inversion)

رخ می‌دهد. (برای مدت زمان دسترسی به سنسور، از رقم آخر شماره دانشجویی خود

بعلاوه ۱۰ میلی‌ثانیه استفاده کنید. به عنوان مثال، اگر رقم آخر شماره دانشجویی

شما ۵ باشد، مدت زمان دسترسی به سنسور برابر با ۱۵ میلی‌ثانیه خواهد بود.)

(ب) کد را با استفاده از مکانیزم‌های مناسب FreeRTOS برای جلوگیری از وارونگی اولویت

یا Priority Inversion اصلاح کنید.

(ج) خط زمانی خود را پس از اصلاح رفتار و رفع وارونگی اولویت دوباره رسم کنید.

نکات تکمیلی تمرین

۲ نحوه نوشتار و حل تمرین

۱. پاسخ‌ها باید کامل، دقیق و خوانا باشند. از توضیحات مختصر و مفید استفاده کنید و در صورت نیاز، مثال بزنید.
۲. مراحل حل تمرین را به ترتیب و با رعایت منطق بیان کنید. از حذف گام‌های میانی خودداری کنید.
۳. در سوالات محاسباتی، تمامی فرمول‌ها و مراحل را ذکر کنید. تنها نوشتن جواب نهایی کافی نیست.
۴. در سوالات تشریحی، پاسخ‌ها باید علمی و مستدل باشند و از واژگان مناسب استفاده شود.
۵. در رسم نمودارها، شکل‌ها و جداول، دقت کنید که تمامی اجزا برچسب‌گذاری شده باشند.

۳ نکات مربوط به سایز و نوع فونت

۱. برای تایپ متن از فونت استاندارد (مانند IR Nazanin یا Times New Roman) استفاده کنید.
۲. اندازه‌ی فونت متن اصلی: ۱۴ برای فارسی و ۱۲ برای انگلیسی.
۳. اندازه‌ی فونت تیترها: حداقل ۱۶ و حداکثر ۱۸، با ضخامت (Bold).
۴. فاصله بین خطوط: ۱.۵ برای خوانایی بهتر.
۵. حاشیه صفحات: ۲.۵ سانتی‌متر از هر طرف.
۶. شماره‌گذاری صفحات: در پایین صفحه و وسط قرار گیرد.
۷. در استفاده از معادلات ریاضی، از فرمت استاندارد ریاضی مانند LaTeX یا Equation Editor در Word استفاده کنید.