# Coroutines in Kotlin

کروتین از واژه‌ی cooperative routines تشکیل شده است. یعنی روتین‌هایی که با یکدیگر همکاری می‌کنند. این بدین معناست که هنگامی که یک روتین در حال اجراست سایر روتین‌‌ها با suspend کردن خودشان ارتباطشان با cpu ، memory و هر ریسورس دیگری را قطع می‌کنند تا از بلاک کردن آن‌ها جلوگیری شود.

کوروتین ها یک مکانیسم lightweight و موثر در concurrency هستند که می توانند در Kotlin برای نوشتن کدهای ناهمزمان و غیر مسدود کننده استفاده شوند. آن‌ها در مقایسه با مدل‌های threading سنتی مزایای زیادی دارند، از جمله:

* **Simplicity: فهم کروتین‌ در مقایسه با threading API ها آسان تر است و برای توسعه دهندگان با هر سطحی از دانش قابل دسترس تر است.**
* **Efficiency: کروتین ها lightweight هستند و کم‌ترین میزان overhead را دارند. بنابراین می‌توان تعداد بسیار زیادی از آن هارا بدون آنکه روی عملکرد سیستم تاثیر گسترده‌ای بگذارد ایجاد کرد.**
* Asynchrony: کروتین‌ها می‌توانند برای نوشتن کد‌های asynchronous و non-blocking استفاده شوند. آن‎‌ها می‌توانند فعالیت‌های طولانی مدت(long-running) را بدون بلاک کردن ترد اصلی سیستم انجام دهند.
* **Structured concurrency: کروتین به صورت built-in از قواعد Structured concurrency پشتیبانی می‌کند. این پترن مطمئن می‌شود آغاز، اجرا، پایان یا کنسل شدن کروتین‌ها در یک زمان قابل پیشبینی و در یک مسیر امن صورت بپذیرد. این امر باعث می‌شود تا کروتین‌ها دچار ریسورس leak نشوند و از شر ارور‌های رایج در اعمال concurrency در امان بمانند.**

در آینده به معرفی پترن structured concurrency خواهیم پرداخت.

* **Exception handling: کروتین به صورت built-in از قابلیت Exception handling پشتیبانی می کند. این بدین معناست که به ارور‌ها اجازه می‌دهد تا در سلسله مراتب به سمت بالا حرکت کنند تا به handler مناسب خودشان برسند. این کار نوشتن کدی را که در برابر خطاها مقاوم باشد آسان‌تر می‌کند.**

چگونه یک فانکشن را به کروتین تبدیل می‌‎کنیم ؟

به راحتی! با استفاده از کلمه‌ی کلیدی SUSPEND

**suspend** fun backgroundTask(param: Int): Int {

// long running operation

}

در آینده به معرفی بیلدر‌های مختلف کروتین خواهیم پرداخت.

# ****Under-hood conversion of Suspend by the compiler****

قبل از آنکه وارد جزییات کامپایلر شویم اجازه دهید تا با اساس کار کروتین‌ آشنا شویم. یک کروتین در واقع یک lightweight thread است که می‌تواند در یک نقطه‌ی خاص، بدون بلاک کردن ترد، suspend و resume شود. در واقع ایده‌ی اصلی کروتین آن است که کد‌های asynchronous را به همان روشی بنویسیم که کد‌های synchronous را می‌نویسیم. این باعث می‌شود تا از بسیاری از خطا‌ها در امان باشیم و کد‌های async خوانا و قابل درک باشند.

هنگامی یک کروتین suspend می‌شود به این معناست که کروتین اجرای خودش را متوقف کرده و کنترل را به caller خودش بازمی‌گرداند(تردی که روی آن در حال اجرا است را رها می‌کند). کروتین به دلایل مختلفی می‌تواند suspend شود:

* انتظار برای آنکه فرایند‌های i/o تکمیل شوند
* انتظار برای آنکه یک تایمر به پایان برسد
* انتظار برای آنکه یک کروتین دیگر اجرایش را کامل کند

**Continuation interface:**

هنگامی که یک فانکشن را با کلمه‌ی کلیدی suspend مارک می‌کنید کامپایلر آن فانکشن را به فرم زیر تبدیل می‌کند:

fun backgroundTask(param: Int, callback: **Continuation<Int>**): Int {

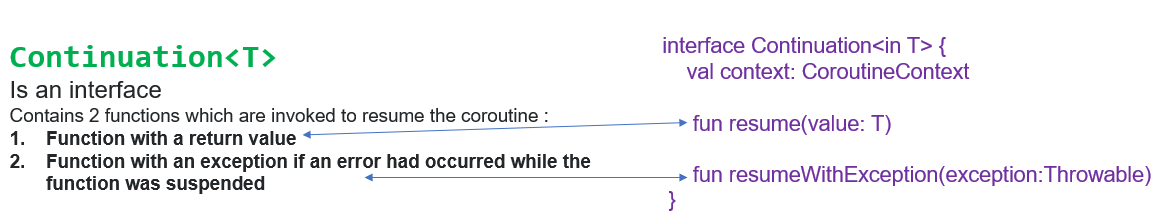
// long running operation

}

در واقع کامپایلر یک callback از نوع **Continuation را به عنوان ورودی تابع در نظر می‌گیرد.**

**این callback اساس عملیات های suspend و resume در کروتین است.**

Continuation<T> یک interface است که شامل دوفانکشن است، این فانکشن‌ها هنگامی که یک کروتین resume می‌شود، اجرا می‌شوند (برای بازگردانی کروتین به وضعیتی که بتواند ادامه‌ی کارش را از سر بگیرد). یکی از فانکشن‌ها شامل value است و دیگری شامل exception است (برای زمان‌هایی که کروتین در حین suspend شدن با خطا مواجه شده است)



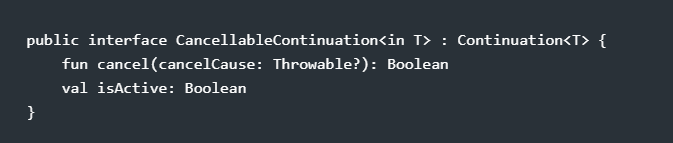
همچنین پارامتر context نیز همان coroutine context ای هست که continuation با آن مرتبط است . در واقع به کمک پارامتر context مطمئن می‌شویم که continuation در coroutine context صحیح با dispatcher صحیحی resume شده است یا خیر.

در آینده به معرفی انواع coroutine context خواهیم پرداخت.

به طور کلی،interface Continuation بخش مهمی از سیستم کوروتین است، زیرا راهی برای تعلیق و از سرگیری اجرای برنامه‌ها فراهم می‌کند و برنامه‌نویسی ناهمزمان در Kotlin ممکن می‌سازد.

**CancellableContinuation interface:**

**یک اینترفیس است که از اینترفیس continuation ارث بری می‌کند و قابلیت کنسل شدن کروتین را به همراه یک cancellation token به آن اضافه می‌کند. cancellation token پارامتری است که وضعیت کنسل شدن یک کروتین را مشخص می‌کند.**



Cancel: این فانکشن یک Throwable را به عنوان cancelCause به صورت آپشنال دریافت کرده و سپس کروتین را با این cause کنسل می‌کند. اگر continuation با موفقیت کنسل شد خروجی این فانکشن مقدار بولی true است. اگر کروتین قبل از اجرای این متد کنسل شده بود و یا با موفقیت اجرا شده بود، خروجی مقدار بولی false است.

**:IsActive این پارامتر وضعیت فعلی** continuation را به لحاظ فعال بودن یا نبودن بررسی می‌کند. اگر continuation همچنان در وضعیت completed یا cancelled نباشد به عنوان active در نظر گرفته ‌می‌شود.

هنگامی که یک کورتین کنسل می‌شود متد cancel در CancellableContinuation کال می‌شود، این امر باعث می‌شود تا کروتین با یک exception مجددا resume شود (این امر باعث می‌شود تا کروتین فرصت کافی برای clean up کردن خودش را داشته باشد) سپس کروتین خاتمه می‌یابد.

**DispatchedContinuation:**

**این کلاس یک پیاده سازی از continuation interface است که هنگام resume شدن بلاک کروتین پارامتر isDispatchNeeded را بررسی می‌کند و در صورت احتیاج به تغییر dispatcher آن را تغییر می‌دهد. این امر باعث می‌شود تا حین اجرای یک کروتین بتوان dispatcher را تغییر داد و ادامه‌ی یک فرایند را به ترد دیگر منتقل کرد.**

# Details on Kotlin coroutineContext

# Relation between CoRoutine ,Thread & Threadpool

در برنامه‌های کروتین محور، چندین کروتین می‌توانند بر اساس concurrency model و یا استراتژی های زمان بندی روی یک ترد و یا روی ترد‌های مختلفی اجرا شوند.

# Structured concurrency

یک دیزاین پترن است که به ساده سازی و افزایش قابلیت اطمینان در اجرای فرایند های concurrent کمک می‌کند. این دیزاین پترن اطمینان حاصل می‌کند تا تمام فرایند‌های concurrent به صورت ساختار یافته و مدیریت شده اجرا شوند تا با یکدیگر به تداخل بر نخورند و side effect ای بر جای نگذارند.

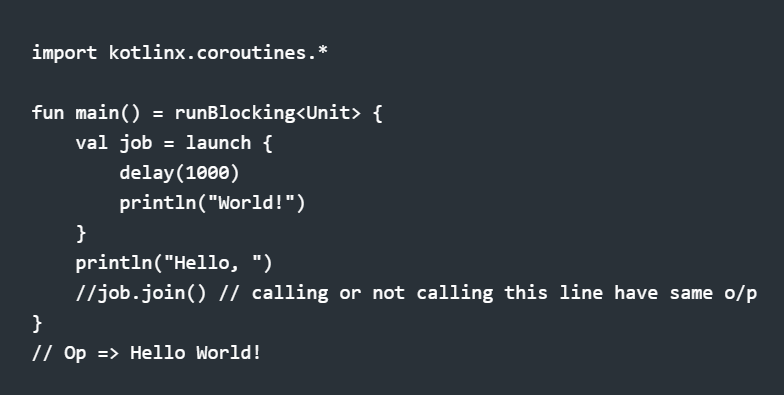
این هدف به کمک محدود کردن اجرای فرایند ها در یک سلسله مراتب خاص (هر فرایند درون یک parent context انجام می‌شود و تضمین می‌شود تا قبل از آن که parent اش خاتمه یابد فعالیتش را تمام کند) محقق می‌شود.

Structured concurrency در کاتلین بر اساس یک رابطه‌ی سلسله مراتبی بین کروتین هاست، هر کروتین یک parent دارد. موقعی که یک کروتین جدید start زده می‌شود این کروتین به child یک کروتین دیگر تبدیل می‌شود.

این رابطه‌ی سلسله مراتبی باقی است تا زمانی که طول عمر تمام کروتین ها به پایان برسد. لازم به ذکر است هنگامی که یک کروتین parent کنسل می‌شود تمام child های آن نیز به صورت سلسله مراتبی از پایین ترین قسمت کنسل می‌شوند این کمک می‌کند تا مطمئن شویم هیچ leak و یا کروتین معلقی وجود ندارد.

یکی از مزایای مهم Structured concurrency آن است که به کمک محدود کردن اجرای کروتین ها به یک context سلسله مراتبی خاص ، مطمئن می‌شود تا همه‌ی فرایند‎ها مدیریت شده و ریسورس ها در یک زمان قابل پیشبینی آزاد شوند. به کمک این مورد می‌توان بر بسیاری از مشکلات فرایند‌های concurrent مانند race condition و deadlock و resource leak غلبه کرد.

به مثال زیر توجه کنید:



جاب در یک کروتین دیگر به نام runBlocking قرار گرفته و خود runBlocking به فانکشن main محدود شده است. در این مثال ابتدا باید job به اتمام برسد تا runBlocking بسته شود و خود runBlocking باید کامل شود تا تابع main بتواند return کند و بسته شود.

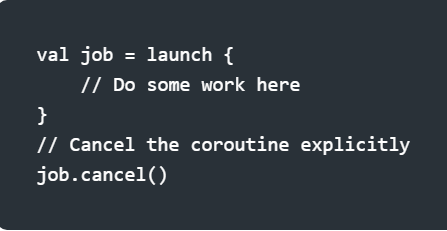
این باعث می‌شود تا مطمئن شویم هنگامی که تابع main بسته می‌شود job و runBlocking به اتمام رسیده است.

***Coroutine Cancellation***

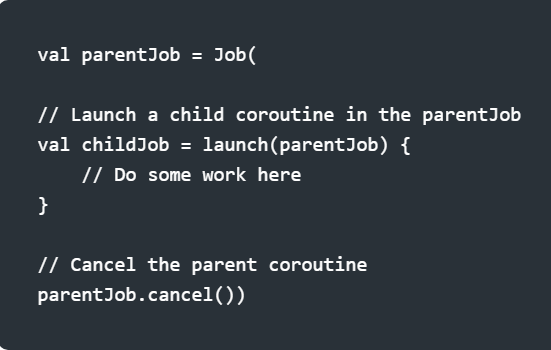
Cancellation فرایند توقف اجرای یک کروتین است قبل از آن که آن کروتین وظیفه‌ی خود را به پایان برساند. موقعی که یک کروتین کنسل می‌شود اجرایش را از نزدیک ترین cancellation point به پایان می‌رساند. یک cancellation point جایی است که کروتین در آن نقطه به دنبال signal توقف می گردد تا در صورتی که آن را پیدا کرد به اجرا خاتمه دهد(به طور مثال فانکشن delay می‌تواند نقش یک cancellation point را بازی کند)

یک کروتین به دو روش می‌تواند کنسل شود:

* **Explicitly: به کمک فانکشن cancel() می‌توان یک کروتین را به صورت explicit متوقف کرد. فانکشن cancel() یک عضو از اینترفیس job است و می‌تواند کروتین را بدون در نظر گرفتن state فعلی آن به صورت فوری متوقف کند.**



**Automatically: یک کروتین هنگامی که parent اش متوقف می‌شود می‌تواند به صورت اتوماتیک متوقف شود.**



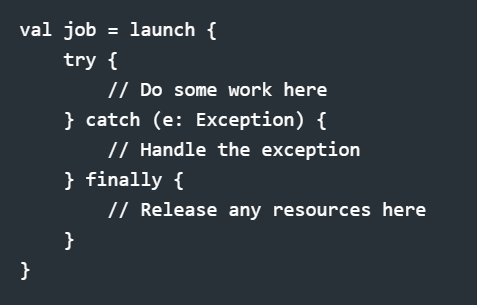
موقعی که یک کروتین کنسل می‌شود، استیت job آن به cancelling تغییر می‌کند و فرزندانش به صورتrecursive  از پایین ترین قسمت سلسله مراتب شروع به کنسل شدن می‌کنند. در طی فرایند cancelling هر کروتین فرصت این را دارد تا ریسورس ‌های خودش را clean up کند.

توجه شود که وقتی یک کروتین کنسل می‌شود الزاما به این معنا نیست که بلاک آن می‌تواند به طور کامل انجام شود. تنها زمانی می‌توان از اجرای کامل بلاک مطمئن شد که کروتین به صورت نرمال complete شده باشد. (پس چگونه می‌توان فرصت آزاد سازی منابع را به دست آورد؟)

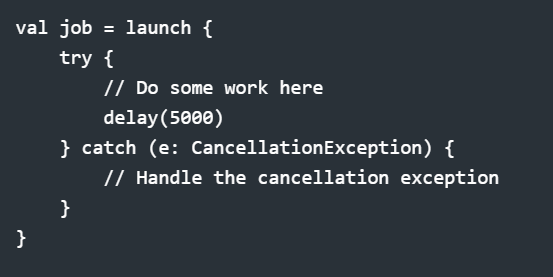
***How to handle the Coroutine Cancellation?***

هنگامی که یک کروتین کنسل می‌شود، این نکته حائز اهمیت است که cancellation را به نحوی مدیریت کنیم تا از هر گونه resource leak و خطا‌های دیگر جلوگیری شود. چندین راه برای این امر وجود دارد.

* **try-catch-finally: این بلاک می‌تواند برای مدیریت cancellation استفاده شود. بلاک finally می‌تواند برای آزاد سازی ریسورس‌ها استفاده شود زیرا حتی اگر کروتین سیگنال کنسل را دریافت کرده باشد finally همچنان اجرا می‌شود.**



* **withContext(NonCancellable): این فانکشن می‌تواند برای اجرای یک بلاک از کد‌هایی استفاده شود که در coroutine context فعلی قابل کنسل نیستند.**
* **kotlinx.coroutines.delay(): این فانکشن یک فانکشن cancellable است و هنگامی که سیگنال cancel را دریافت می‌کند CancellationException ای را throws می‌کند. ما با دریافت این exception می‌توانیم فرصت آزاد سازی resource ها را به دست آوریم.**



***How to ensure that finally block is also executed even when coroutine is cancelled?***

**در کاتلین کروتین، یک بلاک finally برای اجرای کد‌هایی به کار می‌رود که باید صرف نظر از آن که exception ای اتفاق افتاده است یا خیر اجرا شوند. در مواردی که یک کروتین سیگنال کنسل را دریافت کرده، مهم است تا مطمئن شویم که بلاک finally به طور کامل اجرا می‌شود یا خیر**

**هنگامی که یک کروتین کنسل می‌شود، اجرای آن متوقف می‌شود و یک cancellation exception به سمت والد آن پرتاب می‌شود، این exception در سلسله مراتب آن قدر بالا می‌رود تا به root برسد.**

**هنگامی که یک کروتین کنسل می‌شود، بلاک finally قبل از آن که کروتین به صورت حقیقی متوقف شود (رسیدن exception به root در سلسله مراتب) اجرا می‌شود. این بلاک برای اعمالی مانند آزاد سازی منابع، بستن ارتباط شبکه یا دیتابیس و ... کاربرد دارد. اما گاهی از اوقات یک یا برخی از این اعمال ممکن است خودشان cancellable و زمانبر باشند در چنین شرایطی وقوع exception در عملکرد آن‌ها می‌تواند سیستم را در شرایط ناپایداری قرار دهد.**

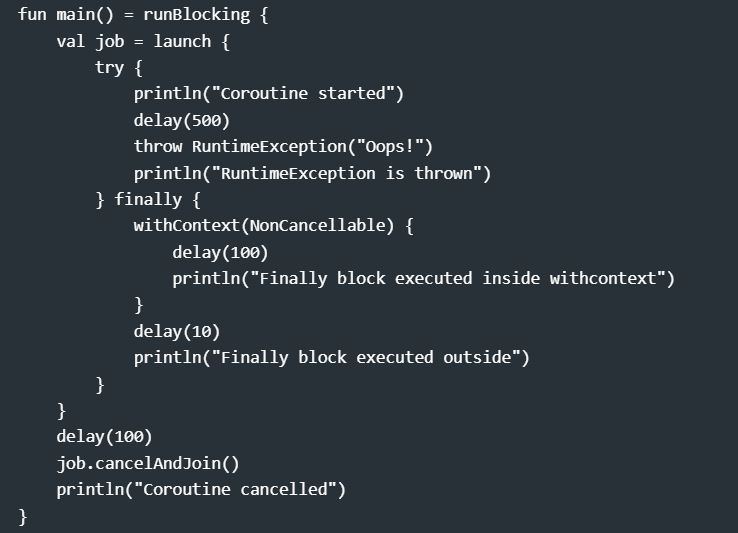
**برای آن که مطمئن شویم بلاک finally هنگام کنسل شدن کروتین به طور کامل اجرا می‎شود سه راه حل وجود دارد:**

* کال کردن yield() در بلاک finally: هنگامی که تابع yield() کال می‌‎شود کروتین را suspend می‌کند و منتظر می‌شود تا مجدد resume شود. استفاده از yield منجر می‌شود تا مطمئن شویم بلاک finally در هنگام کنسل شدن کروتین حتما اجرا می‌شود. اما چگونه؟

هنگامی که تابع yield() کال می‌‎شود کروتین را suspend می‌کند و منتظر می‌شود تا مجدد resume شود. هنگامی که یک کروتین کنسل می‌شود نمی‌تواند مجددا resume شود، اما کال کردن yield در finally منجر می‌شود تا کروتین مجددا در صف ready coroutine ها قرار بگیرد به این ترتیب finally فرصت پیدا میکند تا قبل از پایان حقیقی کروتین کارش را به پایان برساند.

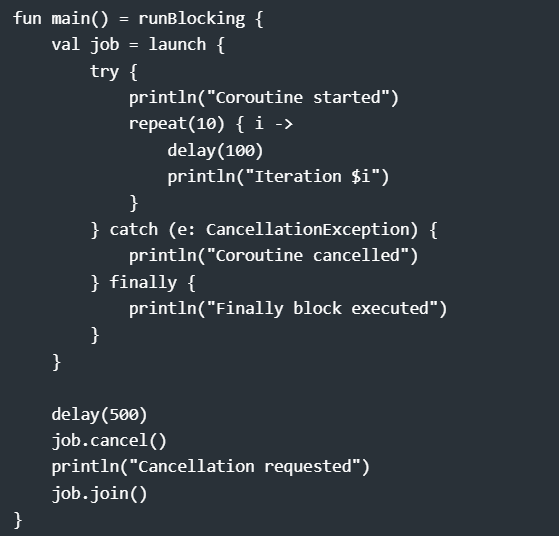
* استفاده از withContext(NonCancellable) در بلاک finally: این فانکشن مطمئن می‌شود که کد درون بلاک آن حتی در صورت کنسل شدن کروتین، اجرا می‌شود. اما چگونه؟

این تابع یک context جدید می‌سازد که قابل کنسل شدن نیست. استفاده از آن در شرایطی مناسب است که می‌خواهیم بدون در نظر گرفتن این که کروتین کنسل شده است یا خیر بلاکی از کدهارا اجرا کنیم.



توجه داشته باشید که قبل از اجرای کد clean up(کد های داخل بلاک withContext)، cancelAndJoin را در کوروتین اصلی فراخوانی می کنیم. این مهم است زیرا فراخوانی withContext (NonCancellable) در حالی که کوروتین اصلی هنوز در حال اجرا است می‌تواند باعث مسدود شدن نامحدود کوروتین جدید شود. با لغو کوروتین اصلی قبل از اجرای کد clean up ، اطمینان حاصل می کنیم که کوروتین جدید مسدود نشده است و می تواند کار clean up را کامل کند.

* استفاده از فانکشن delay() در بلاک try و دریافت CancellationException: به مثال زیر توجه کنید:



در مثال بالا هنگامی که کروتین کنسل می‌شود فانکشن delay یک exception از نوع CancellationException را پرتاب می‌کند. دریافت این exception می‌تواند فرصت مناسبی را در اختیار بلاک finally قرار دهد تا بتواند تسک‌های clean up را بدون در نظر گرفتن اینکه کروتین به صورت normal به اتمام رسیده یا کنسل شده است انجام دهد.