معماری‌های Embedded

سیستم‌های نهفته

دنیایی از هوشمندی پنهان

- نام دانشجو :علی صدری
- نام استاد :استاد جمیلی

- تاریخ ارائه: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶

مقدمه :دنیای پنهان سیستم‌های نهفته

سیستم نهفته چیست؟

سیستم نهفته (Embedded System) ترکیبی از سخت‌افزار و نرم‌افزار است که برای انجام یک یا چند کار مشخص طراحی شده و معمولاً درون یک دستگاه بزرگتر قرار می‌گیرد .برخلاف رایانه‌های شخصی که برای انجام کارهای مختلفی طراحی شده‌اند، سیستم‌های نهفته تنها برای انجام وظایف خاصی بهینه‌سازی شده‌اند.

این سیستم‌ها در زندگی روزمره ما حضوری پررنگ دارند؛ از مایکروویو که زمان باقی‌مانده شستشو را نشان می‌دهد، تا دستگاه کارت‌خوان که تراکنش‌های مالی را انجام می‌دهد، و سیستم ترمز ضدقفل (ABS) در خودروها، همگی نمونه‌هایی از سیستم‌های نهفته هستند که عملکرد هوشمند را ممکن می‌سازند.

اجزای کلیدی

پردازنده CPU یا MCU

مغز سیستم که برنامه‌ها را اجرا می‌کند .می‌تواند یک میکروکنترلر مانند ARM Cortex-M یا یک ریزپردازنده باشد.

حافظه

شامل حافظه فلش برای ذخیره دائمی برنامه‌ها (Firmware) و حافظه RAM برای نگهداری موقت داده‌ها و متغیرها.

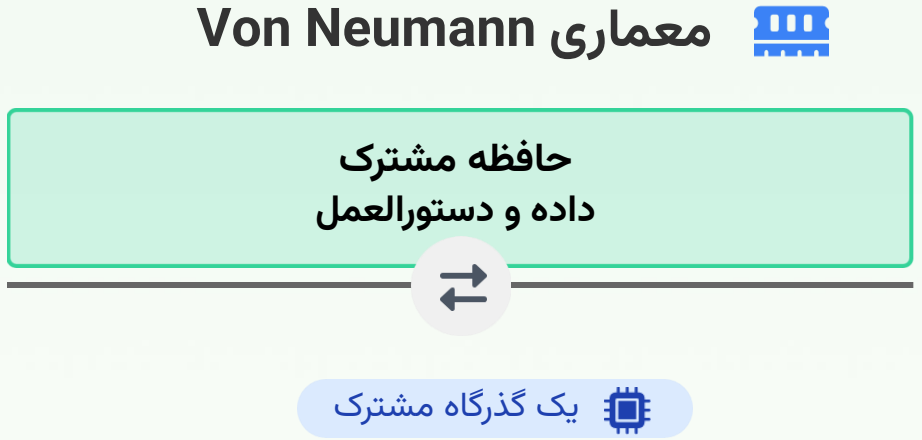
ورودی/خروجی (I/O)

پورت‌ها و وسایلی مانند UART، SPI، I2C، سنسورها و عملگرها که داده‌ها را وارد یا خارج می‌کنند.

نرم‌افزار (Firmware)

نرم‌افزار خاصی که روی سخت‌افزار اجرا می‌شود و کار کل سیستم را کنترل می‌کند . این نرم‌افزار سبک و بهینه است.

معماری‌های حافظه Von Neumann vs Harvard:



ویژگی	Von Neumann	Harvard
ساختار حافظه	حافظه مشترک برای داده و instructionها	حافظه‌های جداگانه برای داده و instructionها
گذرگاه (Bus)	یک گذرگاه مشترک برای داده و instructionها	گذرگاه‌های جداگانه برای داده و instructionها
سرعت و کارایی	کندتر به دلیل "گلوگاه Von Neumann"	سریع‌تر به دلیل امکان واکشی همزمان داده و instruction
پیچیدگی و هزینه	ساده‌تر و ارزان‌تر	پیچیده‌تر و گران‌تر
کاربردهای رایج	کامپیوترهای شخصی و سرورها	میکروکنترلرها و پردازشگرهای سیگنال دیجیتال (DSP)

معماری‌های مجموعه دستورالعمل: RISC vs CISC

RISC

Reduced Instruction Set Computer - مجموعه دستورالعمل کاهش یافته

دستورات ساده
تمرکز بر دستورات ساده و سریع که هر دستور یک عملیات واحد را انجام می‌دهد

اجرای سریع
در یک چرخه ساعت تکمیل می‌شوند و به اجرای سریع‌تر کمک می‌کنند

مصرف انرژی پایین
سادگی دستورات باعث مصرف انرژی کمتر می‌شود

کارایی بالا
به دلیل سادگی و اجرای سریع، کارایی بالایی دارد

CISC

Complex Instruction Set Computer-مجموعه دستورالعمل پیچیده

دستورات پیچیده
دستورات پیچیده‌تری که هر دستور می‌تواند چندین عملیات سطح پایین را انجام دهد

زمان اجرای متغیر
ممکن است به چرخه‌های ساعت بیشتری برای اجرا نیاز داشته باشند

تعداد دستورات زیاد
تعداد زیادی دستورالعمل با قابلیت‌های متنوع

کد کمتر
برای انجام کارهای مشابه، کد کمتری نیاز دارند

معماری :ARMنمونه موفق RISC

معماری ARM، که در سیستم‌های Embeddedاستفاده می‌شود، نمونه‌ای موفق از رویکرد RISCاست .به دلیل کارایی بالا و مصرف انرژی پایین، در دستگاه‌های مختلفی از تلفن‌های هوشمند تا لوازم خانگی استفاده می‌شود.

کاربردهای گسترده در صنایع

سیستم‌های نهفته در طیف وسیعی از صنایع و دستگاه‌ها کاربرد دارند و به بخش جدایی‌ناپذیری از زندگی روزمره تبدیل شده‌اند.

خودروسازی

در خودروهای مدرن، سیستم‌های نهفته برای کنترل ترمز ABS، تعلیق الکترونیکی، ناوبری و سیستم‌های سرگرمی به کار می‌روند.

لوازم خانگی هوشمند

یخچال‌ها، تلویزیون‌ها، ماشین‌های لباسشویی و سیستم‌های روشنایی هوشمند از پردازنده‌ها و حسگرهای نهفته استفاده می‌کنند.

تجهیزات پزشکی

دستگاه‌هایی مانند ضربان‌ساز قلب ,مانیتور علائم حیاتی و تجهیزات تصویربرداری پزشکی برای دقت و ایمنی بالا به سیستم‌های نهفته متکی هستند.

اتوماسیون صنعتی

در کارخانه‌ها، کنترل‌کننده‌های منطقی برنامه‌پذیر (PLC)و حسگرهای مختلف برای نظارت و کنترل دقیق فرآیندهای تولید به کار می‌روند.

چالش‌های طراحی و پیاده‌سازی

محدودیت منابع

سیستم‌های نهفته معمولاً دارای پردازنده، حافظه و انرژی محدودی هستند .این محدودیت‌ها ایجاب می‌کند که نرم‌افزار به صورت بسیار بهینه و سبک نوشته شود تا با منابع موجود سازگار باشد.

نیازمندی‌های بلادرنگ (Real-Time)

در بسیاری از کاربردها، سیستم باید در زمان مشخص و دقیقی به ورودی‌ها پاسخ دهد .تأخیر در پاسخ‌دهی می‌تواند منجر به اختلال یا حتی حوادث جبران‌ناپذیر شود)مانند سیستم ترمز .(ABSمدیریت دقیق وقفه‌ها و اولویت‌بندی وظایف در این سیستم‌ها حیاتی است.

امنیت و پایداری

با گسترش اینترنت اشیاء (IoT)، بسیاری از سیستم‌های نهفته به شبکه متصل می‌شوند .این اتصال، چالش‌های امنیتی جدیدی را به وجود می‌آورد .به دلیل محدودیت منابع، پیاده‌سازی راهکارهای امنیتی قوی می‌تواند دشوار باشد .همچنین، این سیستم‌ها باید برای مدت طولانی و بدون وقفه کار کنند، که نیازمند طراحی با قابلیت اطمینان بالا است.

پیچیدگی در تست و اشکال‌زدایی

پیدا کردن و رفع خطا در سیستم‌های نهفته به دلیل تعامل نزدیک سخت‌افزار و نرم‌افزار و همچنین محدودیت‌های ابزاری، دشوارتر از سیستم‌های عمومی است .ابزارهای خاصی مانند JTAGو آنالایزرهای منطقی برای این منظور استفاده می‌شوند.

تعارض بین اهداف فنی و اقتصادی

طراحان همواره با چالش کاهش هزینه تولید در کنار افزایش کیفیت و پایداری مواجه هستند .طراحی اختصاصی ممکن است در ابتدا گران به نظر برسد، اما در بلندمدت می‌تواند مقرون‌به‌صرفه‌تر باشد.

جمع‌بندی و چشم‌انداز آینده

جمع‌بندی

سیستم‌های نهفته، ترکیبی از سخت‌افزار و نرم‌افزار برای انجام وظایف خاص، نقش حیاتی در زندگی روزمره ما دارند .انتخاب معماری پردازنده، از جمله تفاوت‌های Von Neumannو Harvard، و RISCو CISC، تأثیر مستقیمی بر کارایی و مصرف انرژی دارد.

گستردگی کاربردهای آن‌ها از لوازم خانگی هوشمند تا تجهیزات پزشکی و اتوماسیون صنعتی، نشان‌دهنده اهمیت روزافزون این فناوری است.

چشم‌انداز آینده

اینترنت اشیاء (IoT)

اتصال سیستم‌های نهفته به یکدیگر و شبکه‌های جهانی، ایجاد زیست‌سخت اتصال و تعامل بین دستگاه‌ها و سیستم‌ها

- دستگاه‌های مستقل
- همگام‌سازی اطلاعات
- سیستم‌های اتوماسیون کامل

هوش مصنوعی در لبه (Edge AI)

پردازش هوشمند داده‌ها در خود دستگاه‌های نهفته، کاهش نیاز به اتصال به شبکه و افزایش سرعت واکنش و کارایی

- پردازش ساده
- یادگیری ماشین ساده
- هوش مصنوعی جایزه‌دار