بسم الله الرّحمن الرّحيم

٤٩٩٤٢

دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان پایان نامه

گسترش مجموعه دستورالعمل ها برای پردازنده های توکار در سطح سیستم

پایان نامه کارشناسی ارشد کامپیوتر- گرایش معماری کامپیوتر

پیمان لؤلؤئیان

استاد راهنما :
دکترمقصودعباسپور

۱۳۸۶

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد کامپیوتر- گرایش معماری کامپیوتر

تحت عنوان :

گسترش مجموعه دستورالعمل ها برای پردازنده های توکار در سطح سیستم

در تاریخ ۱۲ شهریور ۱۳۸۶ پایان نامه دانشجو، پیمان لؤلؤئیان، توسط کمیته تخصصی داوران مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنما اول	مقصود عباسپور	امضاء
۲- استاد داور(داخلی)	کیوان ناوی	امضاء
۳- استاد داور(خارجی)	سعید صفری	امضاء
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	فرح ترکمنی آذر	امضاء

۱۳۸۶/۱۲/۲۵

تشکر و قدردانی

سعدی مگر از خرمن اقبال بزرگان

یک خوشه ببخشند که ما هیچ نکشتیم

پروردگار را سپاسگزارم که انجام این پایان نامه به پایان رسید. در راه رسیدن به این هدف، اساتید و دوستان گرانقدر و ارجمندی مرا از الطاف بی دریغ خود بهره مند ساخته اند که این سپاسگزاری در برابر مهربانیشان ناچیز است.

نخست، از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر عباسپور که راهنمایی این پایان نامه را پذیرفتند و با صبر، مهربانی، راهنمایی و حمایت های بی دریغ خود مرا در انجام این پایان نامه یاری کردند، کمال سپاسگزاری را دارم. از جناب آقای دکتر سید مهدی فخرایی، استاد ارجمند گروه برق وکامپیوتر دانشکده فنی دانشگاه تهران، که صمیمانه پاسخگوی پرسش های من بودند، سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر افجه ای ریاست محترم دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه بهشتی که با پشتیبانی معنوی در انجام این پایان نامه مرا یاری نمودند سپاسگزارم. از دانشجویان گرامی فعال در گروه های ACM و روبوکاپ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی که صمیمانه و با گشاده رویی پاسخ گوی پرسشهای گاه و بی گاه من بودند سپاسگزاری می کنم و.از میان آنان سپاسگزاری ویژه ای دارم از جناب آقای بهزاد حلی که بزرگوارانه مرا در انجام بخشی از کار بسیار یاری نمودند. از دوستان و همکلاسی های گرامیم که در دوره کارشناسی ارشد همواره از نظرات ، یاری و لطف ایشان بهره مند بوده ام و نام ایشان در ادامه خواهد آمد کمال سپاسگزاری را دارم :

وهاب صمدی بخارایی، فؤاد لطفی فر، محمد علی قربانی، مهدی نظری زاده، مسعود مرسلی، مهدی جعفر زاده، داود بهره پور، علی صیانتی، سید داوود سجادی، سروه ثابت قدم، احمد محمودی، آزاده منصوری، سعید گرگین، سید مهدی زرگر نتاج، رضا مروجی، مهدی منهی، مریم حلمی، مریم اسرار حقیقی، شهاب رحمتی زاده، علی طریحی، امیر صحافی، مجید محمدی، محمود فضلعلی.

همچنین از کارکنان گرامی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شهید بهشتی بسیار سپاسگزارم.

در پایان از پدرم، مادرم و خواهرانم که همواره با حمایت های مادی و معنوی خود پشتیبان من بوده اند کمال سپاسگزاری و قدردانی را دارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی

می باشد.

به نام خدا

نام ونام خانوادگی: پیمان لؤلؤئیان

عنوان پایان نامه: گسترش مجموعه دستورالعمل ها برای پردازنده های توکار در سطح سیستم

استاد/اساتید راهنما: دکتر مقصود عباسپور

اینجانب پیمان لؤلؤئیان تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد/دکتری حاضر خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از اشکال؛ جداول، و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانتداری را به صورت کامل رعایت نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام ونام خانوادگی دانشجو: پیمان لؤلؤئیان

امضاء وتاریخ:

تقدیم به :

پدرم

مادرم

و

خواهران عزیزم

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱ سیستم های توکار ۳

۱-۱-۱ خصوصیات عمومی سیستم های توکار ۴

۱-۱-۲ کاربرد سیستم های توکار ۴

۱-۲ سیستم بر روی تراشه ۵

۱-۳ موازنه کارآمدی و انعطاف پذیری در پردازش توکار ۸

۱-۴ ساختار پایان نامه ۱۱

فصل دوم : پردازنده های گسترش پذیر مجموعه دستورالعمل ها و تولید خودکار گسترش مجموعه دستورالعمل ها ۱۳

۲-۱پردازنده های گسترش پذیر و قابل پیکربندی ۱۴

۲-۲ بهره گیری از یک پردازنده گسترش پذیر ۱۸

۲-۳ انواع واسط واحد عملیاتی خاص منظوره ۲۰

۲-۴ معرفی چند پردازنده گسترش پذیر مجموعه دستورالعمل ها ۲۲

۲-۴-۱ پردازنده Xtensa LX ۲۳

۲-۴-۲ پردازنده NIOS II ۲۵

۲-۵ فرمول بندی مسئله ۲۷

۲-۵-۱ محدودیت ورودی/ خروجی ۲۸

۲-۵-۲ محدودیت کوژ بودن ۲۹

۲-۵-۳ عملیات ممنوعه ۲۹

۲-۶ بیان مسئله ۲۹

۲-۷ معرفی برخی از روش های ارایه شده برای شناسایی گسترش مجموعه دستورالعمل ها ۳۰

۲-۷-۱ روش های دقیق ۳۰

۲-۷-۲ روش های مکاشفه ای ۳۲

۲-۷-۳ سایر روش ها ۳۴

فصل سوم : معرفی چند روش پیشنهادی برای تولید خودکار گسترش مجموعه

دستورالعمل ها ۳۶

۳-۱ روش خودکار برای تولید دستورالعمل های جدید و گسترش مجموعه دستورالعمل ها بر اساس مفهومی با عنوان مراکز گرانش ۳۷

۳-۱-۱ معرفی مفهوم مرکز گرانش ۳۷

۳-۱-۲ تولید خودکار گسترش مجموعه دستورالعمل ها به وسیله مراکز گرانش ۴۵

۳-۲ روشی مکاشفه ای برای تولید گسترش مجموعه دستورالعمل‌ها ۴۷

۳-۳ ارایه روشی ترکیبی برای استخراج و تولید گسترش مجموعه دستورالعمل ها ۵۳

۳-۳-۱ بزرگ ترین زیرگراف چندورودی یک خروجی ۵۳

فصل چهارم : آزمایش‌ها و نتایج ۵۸

۴-۱ ورودی آزمایش ۵۹

۴-۲ محاسبه تسریع ۵۹

۴-۳ نتایج ۶۲

۴-۳-۱ الگوریتم مکاشفه‌ای ۶۲

۴-۳-۲ الگوریتم مرکز های گرانش ۶۳

۴-۳-۳ الگوریتم ترکیبی ۶۹

۴-۴ نتیجه گیری و جمع بندی ۷۴

۴-۵ کارهای آینده ۷۵

پیوست ۱. مرکزهای گرانش استخراج شده برای یک نمونه گراف آزمون ۷۶

پیوست ۲. کد زیرروال Place از الگوریتم ترکیبی ۸۲

پیوست ۳. واژه نامه فارسی به انگلیسی ۸۴

پیوست ۴. واژه نامه انگلیسی به فارسی ۹۳

مراجع ۱۰۱

چکیده

توان مجتمع سازی بسیار بالا که توسط فناوری سیستم بر روی تراشه امکان پذیر شده است و فراگیر شدن و حضور پر رنگ سیستم های توکار با محدودیت های گوناگون طراحی (کارایی، مساحت و توان) و نیاز های زمان تولید کوتاه ، استفاده از روش ها و الگوریتم های طراحی جدید و بسترهای پیاده سازی مناسب را اجتناب ناپذیر کرده است.

پردازنده‌های گسترش پذیر مجموعه دستورالعمل ها گزینه مناسبی برای پاسخ به نیازهای پردازنده های توکار است که با بهره گیری از برنامه پذیری و قابلیت اختصاصی شدن در نقطه ای میانی بین پردازنده‌های عمومی و مدارات مجتمع خاص منظوره قرار دارد و قابلیت هر دو دسته را تا حدودی در خود جمع کرده است. بررسی، شناسایی و انتخاب بخشی از گراف جریان داده کاربرد ورودی برای تبدیل به یک واحد سخت افزاری خاص منظوره و تولید دستورالعمل جدید برای گسترش مجموعه دستورالعمل های یک پردازنده پایه از مهمترین بخش های طراحی یک پردازنده توکار با استفاده از روش گسترش مجموعه دستورالعمل هاست.

دراین پایان نامه چند روش برای شناسایی بخش هایی از گراف جریان داده برای تبدیل به واحد(های) سخت افزاری خاص منظوره و تولید دستورالعمل(های) جدید برای گسترش مجموعه دستورالعمل ها با عنوان های الگوریتم مرکز گرانش، الگوریتم مکاشفه ای و الگوریتم ترکیبی ارایه شده است. در روش های مرکز گرانش و مکاشفه ای، هدف، بهره گیری هر چه بیشتر از توازی موجود در ساختار گراف جریان داده کاربرد برای افزایش کارایی تحت محدودیت مساحت است. الگوریتم ترکیبی، ترکیبی از دو روش را برای شناسایی و گزینش بخش های مطلوب از گراف جریان داده تحت محدودیت مساحت ارایه می کند.

واژه های کلیدی : پردازنده های توکار، طراحی در سطح سیستم، پردازنده های قابل پیکربندی و گسترش پذیر، گسترش مجموعه دستورالعمل ها.

فصل اول

مقدمه

ظهور فناوری سیستم بر روی تراشه[1] و امکان مجتمع سازی بسیار بالا همگام با نیازها و تقاضاهای روز افزون کاربران موجب پیچیدگی بیش از پیش سیستم های توکار[2] شده است. برای پاسخ گویی به پیچیدگی ها و محدودیت ها[3] (کارایی[4]، مساحت وتوان)، روشها و بسترهای[5] جدیدی مورد نیاز است.

پردازنده‌های عمومی[6] به علت برنامه پذیری[7] و دستورالعمل های عمومی، بسیارانعطاف پذیر هستند اما به علت عمومی بودن و خاص منظوره[8] نبودن، قادر به برآورده کردن تمام نیازهای لازم و ارضا محدودیت های موجود نیستند. در طرف دیگر، مدارات مجتمع خاص منظوره[9] قرار دارند که برای یک کاربرد، به صورت اختصاصی طراحی می شوند اما زمان تولید بالا[10] و عدم انعطاف پذیری از مشکلات این روش طراحی است. در نقطه میانی بین پردازنده‌های عمومی و مدارات مجتمع خاص منظوره، پردازنده‌های گسترش پذیر مجموعه دستورالعمل[11] قرار دارند. ایده اصلی این پردازنده‌ها استفاده از یک پردازنده پایه از پیش طراحی شده[12] و از پیش تایید شده[13] به عنوان محور اصلی است. در این روش پس از دریافت کاربرد[14] ورودی به یک زبان سطح بالا، گراف های جریان داده[15] تشکیل دهنده کاربرد، مورد ارزیابی قرار گرفته و با استفاده از روش های خودکار و نیمه خودکار، بخش هایی از این گراف ها که برای تولید دستورالعمل جدید طبق محدودیت ها و نیازهای مسئله، مناسب است، استخراج و به واحدهای سخت افزاری خاص منظوره که به مسیر داده[16] پردازنده پایه متصل می شوند تبدیل می شوند.

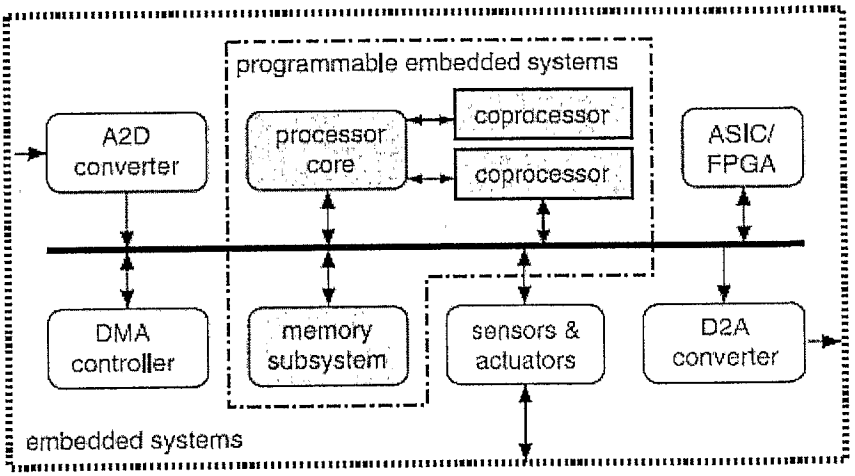
پردازنده‌های گسترش پذیر دستورالعمل، انعطاف پذیری پردازنده‌های عمومی و خاص منظوره بودن مدارات مجتمع خاص منظوره را تا حدودی در خود جمع کرده و گزینه مناسبی برای پاسخ گویی به نیازهای سیستم های توکار امروز هستند.

۱-۱ سیستم های توکار

---

1 System-on-chip
2 Embedded systems
3 Constraint
4 Performance
5 Platform
6 General Purpose Processor
7 Programmability
8 Application-specific
9 Application-specific Integrated Circuit (ASIC)
10 Time-to-Market
11 Extensible Instruction-Set Processor
12 Pre-Designed
13 Pre-Verified
14 Application
15 Dataflow Graph
16 Data path

سیستم های توکار[1] همه جا یافت می شوند. این سیستم ها، افزاره های[2] محاسباتی[3] پنهان درون دسته گسترده ای از محصولات و وسایل هر روز مانند تلفن های سلولی[4]، اسباب بازی ها، دستیار شخصی رقمی[5]دستی، دوربین ها و اجاق های مایکرو ویو را تشکیل می دهند. خودروها پر از آنها هستند و هواپیماها، ماهواره ها و تجهیزات پیشرفته نظامی و پزشکی نیز چنین هستند. رشد فزاینده پیچیدگی کاربردها باعث پیچیدگی افزاره های محاسبات توکار[6] می شود. شکل ۱-۱، مثالی از یک سیستم توکار، متشکل از اجزا برنامه پذیر[7] شامل یک پردازنده، کمک پردازنده ها[8] و زیرسیستم حافظه را نشان می دهد. اجزا برنامه پذیر برای اجرای برنامه های کاربردی مورد استفاده قرار می گیرند. بسته به حوزه کاربرد، سیستم توکار می تواند دارای سخت افزارهای با کاربرد ویژه[9]، واسط ها[10]، کنترل گرها و ابزارهای جانبی[11] باشد[Mishra & Dutt, 2005].



شکل ۱-۱. سیستم توکار نمونه (منبع : [Mishra & Dutt, 2005]).

1 Embedded systems
2 Device
3 Computing Device
4 Cell phones
5 PDA
6 Embedded Computing
7 Programmable Component
8 Co-Processor
9 Application Specific Hardware
10 Interface
11 peripherals

سیستم های توکار، زیر سیستم های بسیار اختصاصی شده[1]، اغلب واکنش پذیر[2]، هستند که بدون جلب توجه کاربر، پردازش اطلاعات و کنترل وظایف را برای سیستم هایی که درون آنها کار گذاشته شده اند، فراهم می کنند[Eggermont 2002].

اکنون سیستم های توکار، فراگیر و در همه جا حاضر هستند. پردازنده های توکار به عنوان اجزای پردازشی سیستم های توکار، گسترده و فراگیر هستند[Sun 2005]. ریزپردازنده ها برای رایانه های شخصی که نمایان ترین و مشهودترین گونه از پردازنده ها هستند، تنها برای ۲٪ تمام تراشه های ریزپردازنده فروخته شده گزارش شده اند که بقیه پردازنده های توکار هستند[Turley 2005]. سیستم توکار، ترکیبی از نرم افزار و سخت افزار ("موتور محاسباتی") را به کار می گیرد تا عمل مشخصی را انجام دهد. به عنوان بخشی از سیستم بزرگ تر در محیطی واکنش دار[3] و با اضطرار زمانی[4] کار می کند[رزاقی ۱۳۸۳].

نرم افزار، قابلیت انعطاف پذیری سیستم را فراهم می آورد و سخت افزار(پردازنده، ASIC، حافظه) برای افزایش کارایی و گاهی ایمنی سیستم به کار برده می شود[رزاقی ۱۳۸۳].

۱-۱-۱ خصوصیات عمومی سیستم های توکار[رزاقی ۱۳۸۳]

۱. یک یا تعداد محدودی تابع را پیاده سازی می نمایند و عموما همه منظوره نمی باشند.

۲. برای افزایش کارایی به کار می روند.

۳. توان، هزینه و قابلیت اطمینان از مهمترین شاخص های طراحی می باشند که در سیستم های توکار به آنها توجه می شود.

۴. پردازنده هایی که برای کاربرد خاصی طراحی می شوند، می توانند مهمترین جز یک سیستم توکار باشند. مزیت این سیستم ها، در بهینه سازی مساحت و توان وهزینه می باشد ولی این عمل باعث سرباری بیشتر در توسعه سخت افزار/ نرم افزار (طراحی کامپایلر و دیباگر) می گردد که ممکن است باعث افزایش زمان تولید[5] گردد.

۱-۱-۲ کاربرد های سیستم های توکار [رزاقی ۱۳۸۳]

- مصرف کنندگان محصولات الکترونیکی مانند دوربین و ماشین شستشو.

-اتومبیل.

---

1 Specialized
2 Reactive
3 Reaction
4 Time Constrained
5 Time To Market

-فرآیندهای صنعتی.

-محصولات ارتباطی کامپیوتری مانند چاپگر و فکس.

-محصولات چندرسانه ای و محصولات الکترونیکی مانند ویدئو، منشی های شخصی دیجیتالی وتلفن همراه.

۱-۲ سیستم بر روی تراشه[1]

تقاضای ثابت برای وسایل الکترونیکی ارزان تر و بهتر از طرف کاربران نهایی، نیروی رانش و محرک در پشت پیشرفت های صنعت نیمه هادی است. ظهور اخیر افزاره های رقمی بسیار اختصاصی شده مانند تلفن های سلولی، پخش کننده های MP3، دستیارهای شخصی رقمی و دوربین های ویدیویی رقمی، همگام با تقاضای سیستم های توکار کم توان وکم هزینه، نیازهای کارایی سخت و اکیدی را تحمیل می کنند. چنین افزاره هایی نیازمند آن هستند تا سیستم های توکار پیچیده را به طور موثر وکارآمدی پیاده سازی نمایند در حالی که مصرف باتری را در حد کمینه ای نگه می دارند. در همین زمان، سیستم های توکار نیاز دارند تا به اندازه کافی انعطاف پذیر باشند تا طراحی آنها مورد استفاده دوباره برای نسخه ها و گونه های گوناگون محصول قرار گیرد[Sun 2005].

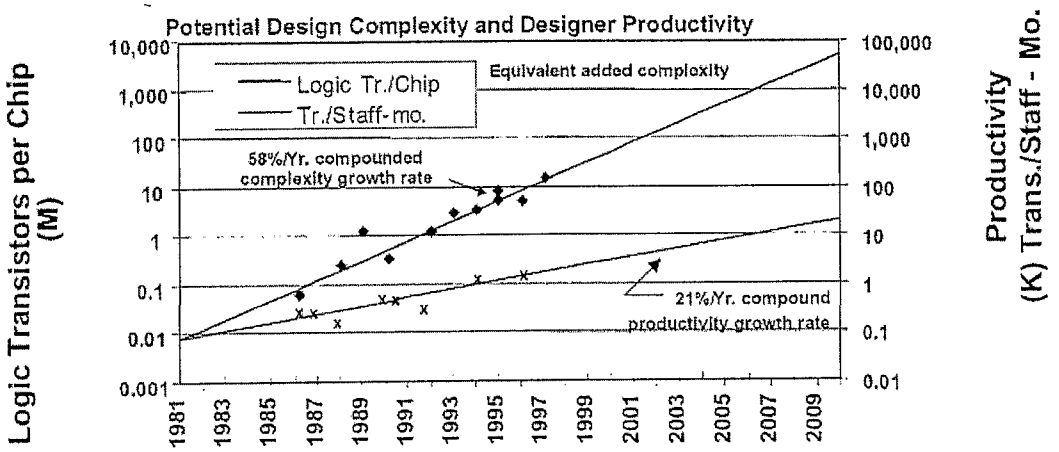
نیازهای بالا طراحان را به سوی به کارگیری ترانزیستورهای بیشتری بر روی یک تراشه سوق می دهد. در سال ۱۹۷۰ نخستین حافظه پویا با دستیابی تصادفی[2] تنها دارای ظرفیت ۱ کیلو بیت بود در حالی که در سال ۲۰۰۵، یک حافظه پویا با دستیابی تصادفی دارای ظرفیت ۳۲ گیگا بیت است. چنین افزایش نمایی در پیچیدگی مدارات مجتمع در قانون مور[3] آمده است : تعداد ترانزیستورها بر روی یک تراشه هر ۱۸ ماه دو برابر می شود[Sun 2005].

چنین مجتمع سازی[4] سطح بالایی همچنین به طور قابل توجهی جریان طراحی[5] سیستم های توکار را تغییر می دهد. هر سال، برای طراحان ۵۸٪ درصد بیشتر از سال قبل ترانزیستور فراهم می شود (قانون مور) و نیازمند بهره گیری کارآمد و موثر از آن هستند. اکنون نرخ و قابلیت تولید[6]، سالانه تنها ۲۱٪ افزایش می یابد، همان طور که در شکل۱-۲ نشان داده شده است، که بسیار کمتر از افزایش تعداد ترانزیستور است. افزایش نرخ تولید اساسا به دلیل ۱) رشد سریع

---

1 System-on-Chip (SoC)
2 Dynamic Random Access Memory (DRAM)
3 Moore's Law
4 Integration
5 Design Flow
6 Productivity

گروه های طراحی ۲) به کارگیری مجدد گسترده از مالکیت معنوی[1] و ۳) سطوح بالای تجرید[2] در فرآیند طراحی است [Sun 2005].



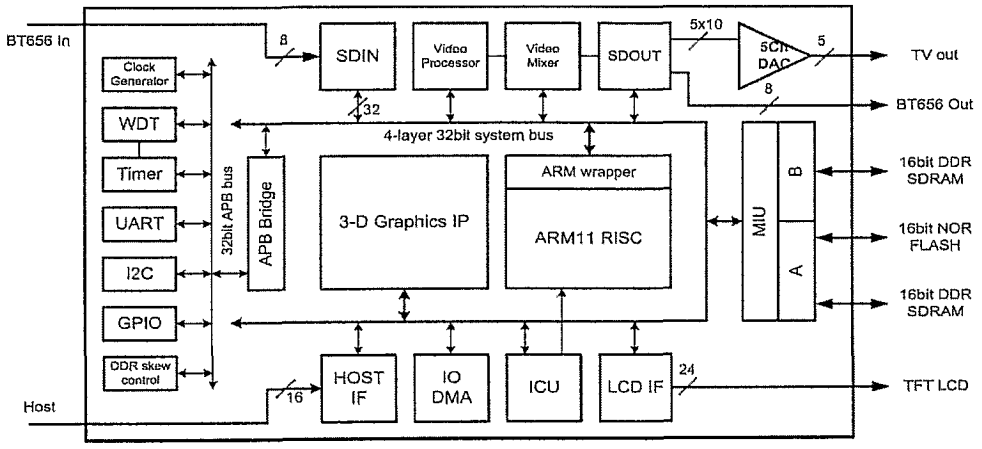
شکل۱-۲ رشد فناوری در حال عقب گذاشتن نرخ تولید طراحی است (منبع : [Sun 2005]).

طراحی تراشه از سطح چینش[3] به سطح ترانزیستور، سطح دروازه[4] و سطح انتقال ثبات[5] تکامل یافته است. در یک سطح مجردتر، بلوک های سازنده، بزرگ تر هستند، طراحی ها، زمان کمتری می گیرند و بخش های بزرگ تری از فرآیند طراحی به ابزاری های طراحی خودکار الکترونیکی[6] متکی می شوند. حتی در سطح بالایی از تجرید مانند سطح انتقال ثبات، افزایش نسبی نرخ تولید طراحی بسیار کمتر از افزایش نسبی در تعداد ترانزیستورهاست (شکل۱-۲). در آینده نزدیک، انتقال به سطح سیستم غیر قابل اجتناب است که نیازمند تقریبا افزایش۵۰٪ در نرخ تولید طراحی خواهد بود[Sun 2005].

به طور سنتی، یک سیستم توکار از اجزای گوناگونی مانند واحدهای پردازشی[7]، گذرگاه ها[8]، حافظه ها و حتی افزاره های رقمی تشکیل شده بود. این اجزا از طریق یک برد مدار چاپی[9] به همدیگر متصل می شدند. اکنون به علت

1 Intellectual Property
2 High Level Abstraction
3 Layout Level
4 Gate Level
5 Register Transfer Level (RTL)
6 Electronic Design Automation (EDA) Tools
7 Processing Elements
8 Bus
9 Printed Circuit Board (PCB)

سطوح بالای مجتمع سازی، طراحان می توانند تقریبا یک سیستم توکار تمام و کامل را برروی یک تراشه قرار دهند که یک سیستم بر روی تراشه نامیده می شود. در مقایسه با بردهای مدار چاپی، سیستم بر روی تراشه ها همزمان با کاهش دادن مساحت، توان و هزینه سیستم، به طور قابل توجهی کارایی سیستم را افزایش می دهند[Sun 2005].



شکل ۱-۳. نمونه ای از یک سیستم بر روی تراشه (منبع : [Kim *et al.*2006])

یک سیستم بر روی تراشه، یک مدارمجتمع است که بیشتر یا تمام کارها، عملیات و وظایف یک سیستم الکترونیکی کامل را پیاده سازی می کند. اساسی ترین ویژگی یک سیستم بر روی تراشه، پیچیدگی آن است. یک تراشه حافظه ممکن است دارای تعداد زیادی ترانزیستور باشد اما ساختار منظم[1] آن، حافظه را به یک جز[2] تبدیل می کند و نه یک سیستم[Jerraya &Wolf, 2005].

اینکه دقیقا چه اجزایی بر روی یک سیستم بر روی تراشه سوار می شوند با توجه به کاربرد متغیر است. بسیاری از سیستم بر روی تراشه ها دارای مدارات قیاسی[3] و سیگنال ترکیبی[4] برای ورودی و خروجی هستند. علی رغم اینکه برخی از کاربردهای با ورودی/خروجی با کارایی بالا، نیازمند یک تراشه واسط قیاسی جدا هستند که یک سیستم بر روی تراشه رقمی را همراهی می کند، بیشتر یک سیستم بر روی تراشه، رقمی است زیرا این، تنها روش برای ساخت چنین توابع پیچیده ای به طور اطمینان پذیر است[Jerraya & Wolf, 2005].

1 Regular Structure
2 Component
3 Analog
4 Mixed Signal

سیستم می تواند شامل حافظه، پردازنده های مجموعه دستورالعمل[۱](واحد های پردازش مرکزی[۲])، منطق های ویژه، گذرگاه ها و سایر توابع رقمی باشد[Jerraya & Wolf, 2005]. شکل ۱-۳، نمونه ای از یک سیستم بر روی تراشه را نشان می دهد.

معماری سیستم عموما با توجه به کاربرد طراحی می شود نه به صورت یک تراشه با کاربرد های عام [Jerraya & Wolf, 2005].

۱-۳ موازنه[۳] کارآمدی[۴] و انعطاف پذیری[۵] در پردازش توکار[۶][Sun 2005]

کارآمدی و انعطاف پذیری، دو تا از مهمترین عوامل محرک در طراحی سیستم توکار هستند. پیاده سازی های کارآمد برای برآوردن هزینه ها و محدودیت های زمان بندی/توان محکم[۷] حاضر در سیستم های توکار مورد نیاز است. انعطاف پذیری، با وجود اینکه کمّی کردن[۸] آن دشوار است، دارای اهمیت برابری است. انعطاف پذیری، به طراحی های سیستم امکان می دهد تا به راحتی در پاسخ به اشکالات[۹]، تکامل استانداردها، جابجایی بازار[۱۰] و نیازهای کاربر طی چرخه طراحی و حتی پس از تولید، به راحتی اصلاح شوند و یا بهبود یابند. گزینه های گوناگون پیاده سازی برای یک تابع داده شده، از سخت افزار طراحی شده به طور اختصاصی[۱۱] تا نرم افزاری که بر روی پردازنده های توکار اجرا می شود، تغییر کرده، برای یک طراح سیستم درجات گوناگونی از کارآمدی و انعطاف پذیری را فراهم می کند. متاسفانه اغلب حالتی است که این دو، اهداف طراحی هستند که با یکدیگر مغایرت دارند. در حالی که کارآمدی از راه پیاده سازی های سخت افزاری[۱۲] بدست می آید، انعطاف پذیری از طریق پیاده سازی های برنامه پذیر[۱۳] به بهترین شکلی فراهم می گردد.

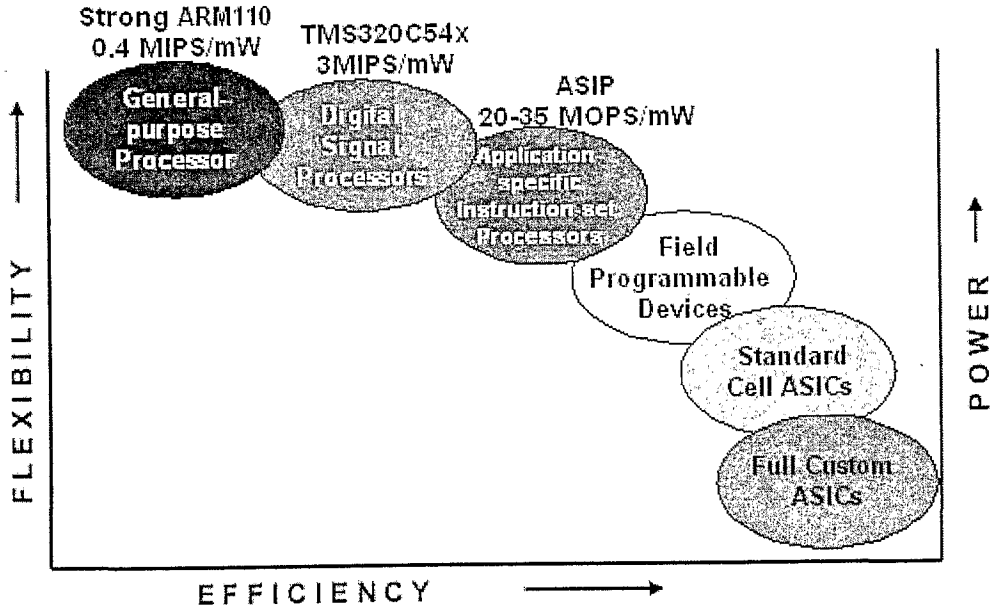
---

1 Instruction-Set Processor
2 Central Processing Unit (CPU)
3 Tradeoff
4 Efficiency
5 Flexibility
6 Embedded Processing
7 Tight
8 Quantify
9 Bug
10 Market Shifting
11 Custom-designed Hardware
12 Hardwired Implementation
13 Programmable Implementation

افراز سخت افزار/نرم افزار[1] (جداسازی کارکرد و عمل[2] یک سیستم به سخت افزار اختصاصی[3] (پیاده سازی شده توسط پردازنده های کمکی یا واحدهای جانبی) و نرم افزار توکار(اجرا شونده روی پردازنده های برنامه پذیر)) روشی برای دست یابی به تعادلی خوب بین کارآمدی و انعطاف پذیری است.

گزینه ها و راه های گوناگون برای سیستم بر روی تراشه ها از نظر کارآمدی و انعطاف پذیری در شکل ۱-۴ مقایسه شده اند.

پردازنده های با کاربرد عمومی[4]، راه حل با بیشترین انعطاف را فراهم می کنند. پردازنده ها برای دامنه گسترده ای از کاربردها طراحی شده اند و می توانند برای کاربردهای گوناگون بدون تغییر و اصلاح با بارگذاری نرم افزار متناظر روی آنها مورد استفاده قرارگیرند. با این وجود به علت دلیل مشابه، چنین طراحی هایی برای یک کاربرد خاص کارآمد

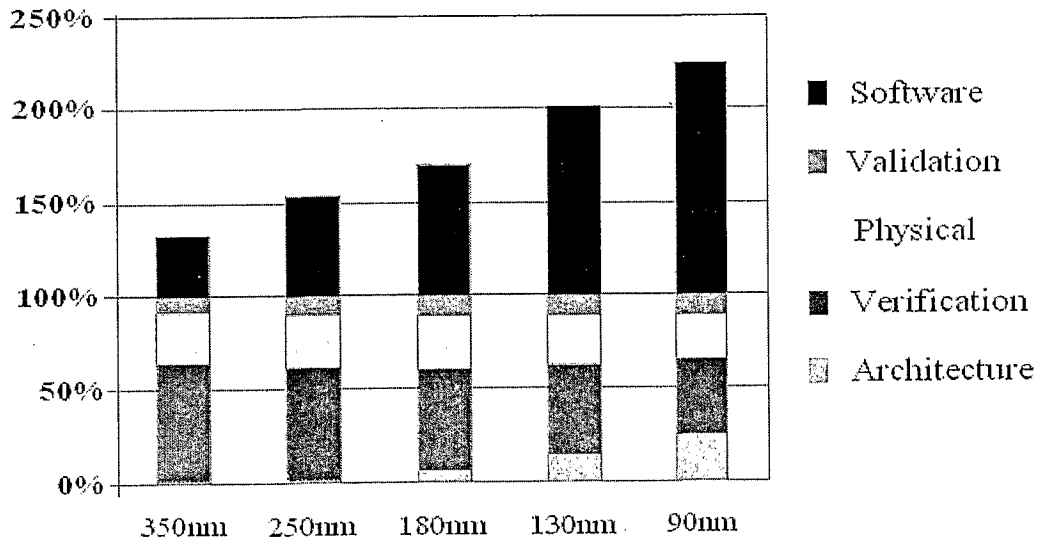


شکل ۱-۴. مقایسه اجزا پردازشی گوناگون سیستم های توکار بر اساس کارآمدی و انعطاف پذیری(منبع : [Sun 2005]).

نیستند. از طرف دیگر، مدارات مجتمع با کاربرد ویژه کاملا اختصاصی[5] و مدارات مجتمع با کاربرد ویژه سلول

1 Hardware/Software Partitioning
2 Functionality
3 Custom Hardware
4 General Purpose Processor (GPP)
5 Full Custom Application- Specific Integrated Circuit (ASIC)

استاندارد[1]، کارآمدترین راه و گزینه هستند زیرا مخصوصا برای یک کاربرد تک، بهینه شده اند. با این وجود، همین طراحی ممکن است برای سیستمی با کمی تفاوت مفید نباشد و هزینه بالا و زمان تغییر اساسی[2] طولانی برای هر سیستم را نتیجه دهد. درمیان این دو کران[3]، پردازنده های سیگنال های رقمی[4]، پردازنده های مجموعه دستورالعمل با کاربرد خاص[5] و آرایه های گیتی برنامه پذیر میدانی[6]، درجات گوناگونی از موازنه ها بین کارآمدی و انعطاف پذیری را فراهم می کنند که پردازنده های سیگنال های رقمی، کاربردها در دامنه گسترده تری را مورد هدف قرار می دهند و پردازنده های مجموعه دستورالعمل با کاربرد خاص، یک یا تعداد اندکی از کاربردها در دامنه ای کوچکتر را هدف قرار می دهند. در حالی که پردازنده های با کاربرد عمومی، پردازنده های سیگنال رقمی و پردازنده های مجموعه



شکل ۱-۵. روند در تلاش نسبی طراحی(منبع : [Sun 2005])

دستورالعمل با کاربرد خاص می توانند نرم افزار با پیچیدگی نامحدود اما تنها با مقدار نسبتا کمی از توازی را اجرا کنند، آرایه های برنامه پذیر گیتی میدانی می توانند کاربردهایی با توازی ذاتی اما با پیچیدگی محدود را پیاده سازی

1 Standard-Cell Application-Specific Integrated Circuit
2 Turnaround time
3 extreme
4 Digital Signal Processor (DSP)
5 Application-Specific Instruction-Set Processor (ASIP)
6 Field Programmable Gate Array (FPGA)