پردازش سیگنال‌های دیجیتال

آناند کومار

دکتر محمد اسماعیل کلانتری
(عضو هیات علمی دانشگاه)

www.ketab.ir

دانش بنیاد

سرشناسه : کومار، ا. آناند - Kumar, A. Anand
عنوان و نام پدیدآور : پردازش سیگنالهای دیجیتال/ آناند کومار؛ مترجم محمداسماعیل کلانتری.
مشخصات نشر : تهران: دانش بنیاد، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری : ۹۱۴ ص.: مصور.
شابک : ۵۰۰۰۰۰ ریال : ۷- ۳-۹۶۷۶۶-۶۰۰- ۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: Digital signal processing, 2013.
یادداشت : نمایه.
موضوع : پردازش سیگنال‌ها -- شیوه‌های رقمی
موضوع : Signal processing -- Digital techniques
شناسه افزوده : کلانتری، محمداسماعیل، ۱۳۲۶ - مترجم
رده بندی کنگره : ۱۳۹۶ ۴پ۹ک/TK۵۱۰۲/۹
رده بندی دیویی: ۶۲۱/۳۸۲۲
شماره کتابشناسی ملی : ۵۰۵۴۱۰۹

پردازش سیگنال‌های دیجیتال

ترجمه : دکتر محمداسماعیل کلانتری
مدیر تولید : رضا کرمی شاهنده
حروفچینی و صفحه‌آرایی : واحد تولید انتشارات دانش بنیاد ایساتیس
نوبت چاپ : اول – ۱۳۹۶
تیراژ : ۵۰۰
قیمت : ۵۰۰۰۰۰ ریال (شومیز) – ۵۱۰۰۰۰ ریال (گالینگور)
شابک : ۷- ۳- ۹۶۷۶۶- ۶۰۰- ۹۷۸

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لبافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن: ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لبافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
ایمیل و وب‌سایت: info@fadakbook.ir - www.fadakbook.ir

کلیهٔ حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات دانش بنیاد می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هرشکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات دانش بنیاد ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات دانش بنیاد

www.ketab.ir

پیش‌گفتار

کتاب حاضر که حاصل سی و هشت سال تجربه تدریس آقای آناندکومار است مبانی درس پردازش سیگنال دیجیتال را بطور ساده و روان مطرح کرده است. دلیل انتخاب این کتاب برای ترجمه، وجود تعداد زیادی مثال پس از طرح هر بخش از مطالب فصل است، که به درک بهتر مطلب توسط دانشجو کمک نموده و آنرا به صورت یک خودآموز در می‌آورد.

وجود مجموعه‌ای از سوالات و مسائل در پایان هر فصل دانشجو را در ارزیابی خود از میزان فراگیری مطلب کمک می‌نماید. پاسخ این سئوالات و مسائل در پایان کتاب ارائه شده است. کتاب را می‌توان به عنوان مرجع برای درس پردازش سیگنال دیجیتال در طول یک ترم برای دانشجویان گرایش‌های مختلف مهندسی برق در مقاطع کارشناسی یا کارشناسی ارشد استفاده نمود.

کتاب در یازده فصل تنظیم شده است، که رئوس کلی مطالب آنها به شرح زیر است؛

- در فصل اول انواع مختلف سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان گسسته، دسته‌بندی آنها و عملیات مختلف روی آنها تشریح شده است.
- فصل دوم به تشریح دو ابزار مهم ریاضی یعنی کرولیشن و کانولوشن و همچنین محاسبه کانولوشن خطی و تناوبی با روش‌های مختلف پرداخته است.
- تبدیل Z به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های زمان گسسته در فصل سوم معرفی شده است.
- روش‌های مختلف پیاده‌سازی سیستم‌های زمان گسسته با استفاده از تابع انتقال داده شده آنها در فصل چهارم مورد بررسی قرار گرفته است.
- در فصل پنجم تبدیل فوریه زمان گسسته (DTFT) که روشی است برای نمایش یک سیگنال زمان گسسته در حوزه فرکانس و چگونگی استفاده از آن برای تجزیه و تحلیل سیگنال‌ها مورد بحث قرار گرفته است.
- سری فوریه گسسته (DFS) روشی است برای نمایش یک سیگنال زمان گسسته تناوبی و تبدیل فوریه گسسته (DFT) که نسخه نمونه برداری شده DTFT است در فصل ششم مورد بحث قرار گرفته‌اند.
- تبدیل فوریه سریع (FFT) که روش کارآمدی برای محاسبه DFT است در فصل هفتم مورد بحث قرار گرفته است. ایده اصلی این الگوریتم بر ضرب المثل قدیمی تفرقه بینداز و حکومت کن مبتنی است و با دو روش درون گزینی در حوزه زمان (DIT) و درون گزینی در حوزه فرکانس (DIF) انجام می‌شود.
- فیلتر، شبکه‌ای فرکانس گزین است و به دو نوع فیلتر با پاسخ ضربه محدود (FIR) و فیلتر با پاسخ ضربه نامحدود (TIR) تقسیم می‌شود، روش‌های مختلف طراحی آنها در فصل‌های هشتم و نهم مورد بحث قرار گرفته است.

www.ketab.ir

- سیستم‌های گسسته‌ای که داده را با بیش از یک نرخ نمونه‌برداری پردازش می‌کنند سیستم‌های چند نرخی نام دارند. جنبه‌های مختلف طراحی این سیستم‌ها در فصل دهم ارائه شده است.
- ریز پردازنده‌های تخصصی برای اجرای الگوریتم‌های پردازش سیگنال که با نام پردازشگرهای سیگنال دیجیتال قابل برنامه‌ریزی (P-DSP) شناخته می‌شوند، انواع، مزایا و معماری آنها در فصل یازدهم بررسی شده است.

با آرزوی اینکه متن حاضر برای مخاطبین محترم مفید واقع شود از کاستی‌های احتمالی در کار ترجمه پوزش خواسته و از هرگونه نقد و پیشنهاد سازنده استقبال و پیشاپیش تشکر می‌نمایم.

محمد اسماعیل کلانتری
تهران - بهمن ماه ۱۳۹۴

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱ سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان گسسته

۱.۱ معرفی ۲

۲.۱ نمایش سیگنال‌های زمان گسسته ۳

۱.۲.۱ نمایش ریاضی ۴

۲.۲.۱ نمایش تابعی ۴

۳.۲.۱ نمایش جدول ۴

۴.۲.۱ نمایش دنباله‌ای ۴

۳.۱ سیگنال‌های زمان گسسته پایه ۵

۱.۳.۱ دنباله پله واحد ۶

۲.۳.۱ دنباله شیب واحد ۶

۳.۳.۱ دنباله سهموی واحد ۷

۴.۳.۱ تابع ضربه واحد یا دنباله تک نمونه

۵.۳.۱ دنباله سینوسی ۸

۶.۳.۱ دنباله نمائی حقیقی ۹

۷.۳.۱ دنباله نمائی مختلط ۹

۴.۱ عملیات پایه روی دنباله‌ها ۱۲

۱.۴.۱ جابجایی زمانی ۱۲

۲.۴.۱ معکوس کردن زمانی ۱۳

۳.۴.۱ مقیاس کردن دامنه ۱۵

۴.۴.۱ مقیاس کردن زمانی ۱۵

۵.۴.۱ جمع کردن سیگنالها ۱۶

۶.۴.۱ ضرب سیگنالها ۱۷

۵.۱ دسته‌بندی سیگنال‌های زمان گسسته ۱۸

۱.۵.۱ سیگنالهای معین و تصادفی ۱۸

۲.۵.۱ دنباله‌های تناوبی و غیرتناوبی ۱۹

www.ketab.ir

۳.۵.۱ سیگنال‌های انرژی و توان ۲۵
۴.۵.۱ سیگنال‌های علّی و غیرعلّی ۲۹
۵.۵.۱ سیگنال‌های فرد و زوج ۳۰
۶.۱ دسته‌بندی سیستم‌های زمان گسسته ۳۴
۱.۶.۱ سیستم‌های ایستا و پویا (با حافظه و بدون حافظه) ۳۵
۲.۶.۱ سیستم‌های علّی و غیرعلّی ۳۶
۳.۶.۱ سیستم‌های خطی و غیرخطی ۳۷
۴.۶.۱ سیستم‌های تغییرناپذیر با جابجایی و سیستم‌های تغییرپذیر با جابجایی ۴۱
۵.۶.۱ سیستم‌های پایدار و ناپایدار ۵۰
۶.۶.۱ سیستم‌های با پاسخ ضربه محدود (FIR) و پاسخ ضربه نامحدود (IIR) ۶۸
۷.۶.۱ سیستم‌های معکوس‌پذیر و غیرمعکوس‌پذیر ۶۸
۷.۱ نمایش یک دنباله دلخواه ۶۹

درهم‌پیچی و همبستگی گسسته ۹۷

۱.۲ مقدمه ۹۸
۲.۲ پاسخ ضربه و جمع کانولوشن ۹۸
۳.۲ محاسبه تحلیلی کانولوشن گسسته ۹۹
۴.۲ کانولوشن دنباله‌های با طول محدود ۱۰۷
۵.۲ روش‌های محاسبه جمع کانولوشن دو دنباله $x(n)$ و $h(n)$ ۱۰۷
۱.۵.۲ روش۱ کانولوشن خطی با استفاده از روش ترسیمی ۱۰۷
۲.۵.۲ روش۲ کانولوشن خطی با استفاده از ارایه جدولی ۱۰۷
۳.۵.۲ روش۳ کانولوشن خطی با استفاده از روش جدولی ۱۰۸
۴.۵.۲ روش۴ کانولوشن خطی با استفاده از ماتریس ۱۰۸
۵.۵.۲ روش۵ کانولوشن خطی با استفاده از روش جمع ستونی ۱۰۹
۶.۵.۲ روش۶ کانولوشن خطی با استفاده از معکوس کردن، جابجایی، ضرب و جمع ۱۰۹
۶.۲ واکانولوشن یا کانولوشن معکوس ۱۲۸
۱.۶.۲ واکانولوشن با استفاده از تبدیل Z ۱۲۸
۲.۶.۲ واکانولوشن با روش بازگشتی ۱۲۹
۳.۶.۲ واکانولوشن با استفاده از روش جدولی ۱۳۱
۷.۲ به هم بستن سیستم‌های خطی و تغییرناپذیر با زمان(LTI) ۱۳۲
۱.۷.۲ اتصال موازی سیستم‌ها ۱۳۲

www.ketab.ir

۲.۷.۲ اتصال متوالی سیستم‌ها ۱۳۳
۸.۲ جابجائی دایروی و تقارن دایروی ۱۳۶
۹.۲ کانولوشن دایروی یا تناوبی ۱۳۹
۱۰.۲ روش‌های انجام کانولوشن دایروی یا تناوبی ۱۳۹
۱.۱۰.۲ روش۱ روش ترسیمی (روش دوایر هم‌مرکز) ۱۴۰
۲.۱۰.۲ روش۲ کانولوشن دایروی با استفاده از آرایه جدولی ۱۴۰
۳.۱۰.۲ روش۳ کانولوشن دایروی با استفاده از ماتریس ۱۴۱
۱۱.۲ تعیین کانولوشن خطی (معمولی) از کانولوشن تناوبی ۱۵۱
۱۲.۲ تعیین کانولوشن تناوبی از روی کانولوشن خطی ۱۵۳
۱۳.۲ توسعه تناوبی سیگنال‌های غیرتناوبی ۱۵۶
۱۴.۲ پاسخ سیستم به ورودی‌های تناوبی ۱۵۷
۱۵.۲ همبستگی گسسته ۱۶۰
۱.۱۵.۲ همبستگی متقابل ۱۶۰
۲.۱۵.۲ خودهمبستگی ۱۶۱
۳.۱۵.۲ محاسبه همبستگی ۱۶۲
۴.۱۵.۲ همبستگی سیگنال‌های تصادفی و سیگنال‌های تناوبی ۱۶۳
۱۶.۲ همبستگی گسسته تناوبی ۱۶۶

تبدیل z ۱۸۵

۱.۳ مقدمه ۱۸۶
۱.۱.۳ مزایای تبدیل Z ۱۸۶
۲.۳ رابطه بین تبدیل فوریه زمان گسسته (DTFT) و تبدیل Z ۱۸۷
۳.۳ تبدیل Z و منطقه همگرائی برای دنباله‌های با زمان دوام محدود ۱۹۱
۱.۳.۳ دنباله‌های راست جهت ۱۹۲
۲.۳.۳ دنباله چپ جهت ۱۹۳
۳.۳.۳ دنباله دو جهته ۱۹۴
۴.۳ خصوصیات منطقه همگرائی ۱۹۶
۵.۳ خصوصیات تبدیل Z ۱۹۷
۱.۵.۳ خصوصیت خطی بودن ۱۹۷
۲.۵.۳ خصوصیت جابجائی زمانی ۱۹۸
۳.۵.۳ خصوصیت ضرب با یک دنباله نمائی ۱۹۹
۴.۵.۳ خصوصیت معکوس نمودن زمانی ۲۰۰

www.ketab.ir

۵.۵.۳ خصوصیت توسعه زمانی ۲۰۰
۶.۵.۳ خصوصیت ضرب در n یا مشتق‌گرفتن در حوزه Z ۲۰۱
۷.۵.۳ خصوصیت کانولوشن ۲۰۲
۸.۵.۳ خصوصیت ضرب کردن یا خصوصیت کانولوشن مختلط ۲۰۳
۹.۵.۳ خصوصیت همبستگی ۲۰۳
۱۰.۵.۳ خصوصیت یا رابطه یا قضیه پارسوال ۲۰۴
۱۱.۵.۳ قضیه مقدار اولیه ۲۰۵
۱۲.۵.۳ قضیه مقدار نهائی ۲۰۶
۶.۳ تبدیل Z معکوس ۲۱۸
۱.۶.۳ روش تقسیم متوالی ۲۲۰
۲.۶.۳ روش بسط کسرهای جزئی ۲۲۸
۳.۶.۳ روش باقیمانده ۲۳۴
۴.۶.۳ روش کانولوشن ۲۳۷
۷.۳ تجزیه و تحلیل سیستم‌های LTI با استفاده از تبدیل Z ۲۳۹
۱.۷.۳ تابع سیستم و پاسخ ضربه ۲۳۹
۲.۷.۳ رابطه بین تابع انتقال و معادله تفاضلی ۲۴۰
۸.۳ پایداری و علّی بودن [illegible] ۲۴
۹.۳ حل معادلات تفاضلی با استفاده از تبدیل Z ۲۵۶
۱۰.۳ واکانولوشن با استفاده از تبدیل Z ۲۶۸
۱۱.۳ رابطه بین صفحه S و صفحه [illegible] ۲۷۰

پیاده‌سازی سیستم ۲۸۷

۱.۴ مقدمه ۲۸۸
۲.۴ پیاده‌سازی سیستم‌های زمان گسسته ۲۸۸
۳.۴ ساختارهای مورد استفاده برای پیاده‌سازی سیستم‌های IIR ۲۹۰
۱.۳.۴ ساختار فرم مستقیم I ۲۹۲
۲.۳.۴ ساختار فرم مستقیم II ۲۹۳
۳.۳.۴ پیاده‌سازی سیستم‌های IIR با ساختار فرم ترانهاده ۲۹۷
۴.۳.۴ پیاده‌سازی به فرم متوالی ۲۹۸
۵.۳.۴ پیاده‌سازی به فرم موازی ۳۰۰
۶.۳.۴ پیاده‌سازی سیستم‌های IIR با ساختار مشبکه ۳۰۰
۷.۳.۴ پیاده‌سازی سیستم‌های IIR با ساختار نردبانی ۳۰۴

www.ketab.ir

۴.۴ ساختارهای پیاده سازی سیستم‌های FIR ۳۳۳
۱.۴.۴ پیاده‌سازی فرم مستقیم برای سیستمFIR ۳۳۵
۲.۴.۴ پیاده‌سازی ساختار فرم ترانهاده برای سیستم FIR ۳۳۶
۳.۴.۴ پیاده‌سازی ساختار فرم متوالی برای سیستم FIR ۳۳۷
۴.۴.۴ پیاده‌سازی سیستم‌های FIR با ساختار مشبکه ۳۳۸
۵.۴.۴ پیاده‌سازی فاز خطی ۳۴۱

تبدیل فوریه زمان گسسته ۳۶۵

۱.۵ مقدمه ۳۶۶
۲.۵ تبدیل فوریه زمان گسسته (DTFT) ۳۶۶
۳.۵ موجود بودن DTFT ۳۶۶
۴.۵ رابطه بین تبدیل Z و تبدیل فوریه ۳۶۷
۵.۵ تبدیل فوریه زمان گسسته معکوس ۳۷۵
۶.۵ خصوصیات تبدیل فوریه زمان گسسته ۳۷۷
۱.۶.۵ خصوصیت خطی بودن ۳۷۷
۲.۶.۵ خصوصیت تناوبی بودن ۳۷۸
۳.۶.۵ خصوصیت جابجائی زمانی ۳۷۸
۴.۶.۵ خصوصیت تغییر فرکانس ۳۷۸
۵.۶.۵ خصوصیت معکوس شدن زمان ۳۷۹
۶.۶.۵ خصوصیت مشتق گرفتن در حوزه فرکانس ۳۷۹
۷.۶.۵ خصوصیت کانولوشن در حوزه زمان ۳۸۰
۸.۶.۵ خصوصیت کانولوشن در حوزه فرکانس ۳۸۰
۹.۶.۵ قضیه همبستگی ۳۸۱
۱۰.۶.۵ قضیه مدولاسیون ۳۸۱
۱۱.۶.۵ قضیه پارسوال ۳۸۲
۱۲.۶.۵ خصوصیت تقارن ۳۸۲
۷.۵ تابع انتقال ۳۹۱
۸.۵ پاسخ فرکانسی سیستم‌های زمان گسسته ۳۹۲

سری فوریه گسسته (DFS) و تبدیل فوریه گسسته (DFT) ۴۲۳

۱.۶ مقدمه ۴۲۴

www.ketab.ir

۲.۶ سری فوریه گسسته ۴۲۵
۱.۲.۶ فرم نمائی سری فوریه گسسته ۴۲۵
۲.۲.۶ فرم مثلثاتی سری‌فوریه ۴۲۶
۳.۲.۶ روابط بین صورت‌های نمائی و مثلثاتی سری فوریه گسسته ۴۲۷
۳.۶ خصوصیات سری فوریه گسسته (DFS) ۴۳۰
۱.۳.۶ خطی بودن ۴۳۰
۲.۳.۶ جابجائی زمانی ۴۳۰
۳.۳.۶ خصوصیت تقارن ۴۳۱
۴.۳.۶ کانولوشن تناوبی ۴۳۱
۴.۶ رابطه بین DFT و تبدیل Z ۴۳۱
۵.۶ مقایسه بین تبدیل فوریه گسسته (DFT) و تبدیل فوریه زمان گسسته (DTFT) ۴۳۸
۶.۶ [illegible] روش اندکی سریع‌تر برای محاسبه مقادیر DFT ۴۳۸
۷.۶ استفاده از ماتریس در فرمول‌های DFT و IDFT ۴۴۰
۸.۶ فرم ماتریسی IDFT ۴۴۰
۹.۶ استفاده از DFT برای یافتن IDFT ۴۴۱۰
۱۰.۶ خصوصیات DFT ۴۴۲
۱.۱۰.۶ تناوبی بودن ۴۴۳
۲.۱۰.۶ خطی بودن ۴۴۱
۳.۱۰.۶ DFT دنباله‌های فرد و زوج ۴۴۴
۴.۱۰.۶ معکوس کردن زمانی دنباله ۴۴۸
۵.۱۰.۶ جابجائی فرکانس دایروی ۴۴۵
۶.۱۰.۶ خصوصیت مزدوج مختلط [illegible]
۷.۱۰.۶ DFT دنباله تاخیریافته (جابجائی زمانی دایروی یک دنباله) ۴۴۶
۸.۱۰.۶ DFT یک دنباله حقیقی ۴۴۷
۹.۱۰.۶ ضرب دو دنباله ۴۴۷
۱۰.۱۰.۶ کانولوشن دایروی دو دنباله ۴۴۸
۱۱.۱۰.۶ قضیه پارسوال ۴۴۹
۱۲.۱۰.۶ همبستگی دایروی ۴۵۰
۱۱.۶ روش‌های انجام کانولوشن خطی ۴۵۶
۱.۱۱.۶ کانولوشن خطی با استفاده از DFT ۴۵۶
۱۲.۶ روش‌های انجام کانولوشن دایروی ۴۶۱
۱.۱۲.۶ کانولوشن دایروی با استفاده از DFT و IDFT ۴۶۱
۱۳.۶ کانولوشن دنباله‌های طولانی (کانولشن‌های قطعه‌ای) ۴۶۵

www.ketab.ir

۱.۱۳.۶ روش هم‌پوشانی ـ جمع ۴۶۵
۲.۱۳.۶ روش همپوشانی ـ ذخیره ۴۶۶

تبدیل فوریه سریع ۴۹۵

۱.۷ مقدمه ۴۹۶
۲.۷ تبدیل فوریه سریع ۳۹۶
۳.۷ FFT پایه دو با درون گزینی در زمان (DIT) ۴۹۷
۴.۷ DFT ۸ نقطه‌ای با استفاده از DITFFT پایه۲ ۵۰۲
۱.۴.۷ دیاگرام پروانه‌ای ۵۰۵
۵.۷ FFT پایه ۲ درون گزینی در فرکانس (DIF) ۵۰۶
۶.۷ DFT ۸ نقطه‌ای با استفاده از DIFFFT پایه۲ ۵۰۹
۱.۶.۷ محاسبه IDFT از طریق FFT ۵۱۴
۷.۷ الگوریتم‌های FFT برای یک عدد مرکب N ۵۳۵
۱.۷.۷ FFT پایه۳ ۵۳۶
۲.۷.۷ FFT پایه۴ ۵۳۶

فیلترهای دارای پاسخ ضربه با زمان دوام نامحدود (IIR) ۵۶۱

۱.۸ مقدمه ۵۶۲
۲.۸ نیازمندی‌های تبدیل ۵۶۲
۳.۸ طراحی فیلتر IIR با تقریب مشتق‌ها ۵۶۴
۴.۸ طراحی فیلترIIR یا تبدیل بدون تغییر پاسخ ضربه ۵۶۸
۵.۸ طراحی فیلتر IIR با روش تبدیل دو خطی ۵۷۵
۶.۸ مشخصات فیلتر پائین‌گذر ۵۸۳
۷.۸ طراحی فیلتر پائین‌گذر دیجیتال با تروت ۵۸۵
۸.۸ طراحی فیلتر پائین‌گذر چبی شف ۶۰۶
۹.۸ فیلترهای معکوس چبی‌شف ۶۲۳
۱۰.۸ فیلترهای بیضوی ۶۲۴
۱۱.۸ تبدیل فرکانسی ۶۲۵
۱.۱۱.۸ تبدیل فرکانسی آنالوگ ۶۲۶
۲.۱۱.۸ تبدیل فرکانسی دیجیتال ۶۲۷

www.ketab.ir

فیلترهای با پاسخ ضربه محدود (FIR) ۶۵۷

۱.۹ مقدمه ۶۵۸
۲.۹ مشخصات فیلترهای FIR با فاز خطی ۶۵۸
۳.۹ پاسخ فرکانسی فیلترهای FIR فاز خطی ۶۶۳
۱.۳.۹ پاسخ فرکانسی فیلتر FIR فاز خطی وقتی پاسخ ضربه متقارن و N فرد است ۶۶۳
۲.۳.۹ پاسخ فرکانسی فیلترFIR فاز خطی وقتی پاسخ ضربه متقارن و N زوج است ۶۶۶
۳.۳.۹ پاسخ فرکانسی فیلتر FIR فاز خطی وقتی که پاسخ ضربه پادمتقارن و N فرد است ۶۶۸
۴.۳.۹ پاسخ فرکانسی فیلتر FIR خطی وقتی پاسخ ضربه پادمتقارن و N زوج است ۶۷۱
۴.۹ تکنیک‌های طراحی فیلترهای FIR ۶۷۴
۵.۹ طراحی فیلترهای FIR با روش سری فوریه ۶۷۵
۶.۹ طراحی فیلتر FIR با استفاده از پنجره ۶۸۱
۱.۶.۹ پنجره مربعی ۶۸۱
۲.۶.۹ پنجره مثلثی یا بارتلت ۶۸۴
۳.۶.۹ پنجره کسینوس برآمده ۶۸۵
۴.۶.۹ پنجره هنینگ ۶۸۵
۵.۶.۹ پنجره همینگ ۶۸۶
۶.۶.۹ پنجره بلکمن ۶۸۶
۷.۶.۹ پنجره کایزر ۷۰۴
۷.۹ طراحی فیلترهای FIR با روش نمونه‌برداری فرکانسی ۷۱۱

پردازش چند نرخی سیگنال دیجیتال ۷۴۹

۱.۱۰ مقدمه ۷۵۰
۲.۱۰ نمونه‌برداری ۷۵۰
۳.۱۰ کندنمونه‌برداری ۷۵۱
۴.۱۰ تندنمونه‌برداری ۷۵۵
۵.۱۰ تبدیل نرخ نمونه‌برداری ۷۶۶
۶.۱۰ تساوی‌ها ۷۷۱

www.ketab.ir

۷.۱۰ تجزیه چندفازی ۷۷۳
۸.۱۰ ساختار عمومی چندفازی برای درون‌گزین‌ها و درون‌یاب‌ها ۷۷۵
۹.۱۰ درون‌یاب‌ها و درون‌گزین‌های چندطبقه ۷۷۷
۱۰.۱۰ ساختار عرضی کارآمد برای درون‌گزین ۷۸۰
۱۱.۱۰ ساختار عرضی کارآمد برای درون‌یاب ۷۸۱
۱۲.۱۰ ساختارهای IIR برای درون‌گزین‌ها ۷۸۲
۱۳.۱۰ طراحی فیلتر برای درون‌گزین‌ها و درون‌یاب‌هایFIR ۷۸۴
۱۴.۱۰ طراحی فیلتر برای درون‌یاب‌ها و درون‌گزین‌هایIIR ۷۸۵
۱۵.۱ کاربردهای پردازش سیگنال چندنرخی ۷۹۴

۸۱۵ مقدمه‌ای بر پردازشگرهای DSP

۱.۱۱ مقدمه‌ای بر DSPها و قابل‌برنامه‌ریزی ۸۱۶
۲.۱۱ مزایای پردازشگرهای DSP نسبت به ریزپردازنده‌های سنتی ۸۱۶
۳.۱۱ ضرب‌کننده و ضرب‌کننده انباره (MAC) ۸۱۷
۴.۱۱ ساختار باس تغییریافته و ترتیبات دسترسی به حافظه در P-DSPها ۸۱۸
۵.۱۱ حافظه با دسترسی چندگانه و حافظه با چندین درگاه ۸۲۰
۶.۱۱ معماری با کلمه دستور خیلی بلندVLIW ۸۲۰
۷.۱۱ لوله‌گذاری ۸۲۱
۸.۱۱ مدهای آدرس‌دهی خاص در DSPهای قابل برنامه‌ریزی ۸۲۲
۹.۱۱ افزاره‌های جانبی روی تراشه ۸۲۴
۱.۹.۱۱ زمان‌سنج روی تراشه ۸۲۴
۲.۹.۱۱ درگاه سری ۸۲۴
۳.۹.۱۱ درگاه سری TDM ۸۲۵
۴.۹.۱۱ درگاه موازی ۸۲۵
۵.۹.۱۱ درگاه I/O بیت ۸۲۵
۶.۹.۱۱ درگاه میزبان ۸۲۵
۷.۹.۱۱ درگاه مشترک ۸۲۵
۸.۹.۱۱ مبدل‌های A/D و D/A روی تراشه ۸۲۵
۱۰.۱۱ DSPهای قابل‌برنامه‌ریزی با پردازشگر RISC و SISC ۸۲۵
۱.۱۰.۱۱ مزایای پردازشگرهای از نوع کامپیوتر با مجموعه دستورات محدود (RISC) ۸۲۶

www.ketab.ir

۲.۱۰.۱۱ مزایای پردازنده‌های از نوع کامپیوتر با مجموعه دستورات پیچیده (CISC) ۸۲۶
۱۱.۱۱ معماری TMS320C50 ۸۲۷
۱۲.۱۱ ساختار باس ۸۲۸
۱۳.۱۱ واحد پردازش مرکزی ۸۲۸
۱.۱۳.۱۱ واحد مرکزی حساب منطقی (CALU) ۸۲۸
۲.۱۳.۱۱ واحد منطقی موازی (PLU) ۸۲۹
۳.۱۳.۱۱ واحد ثبات کمکی حساب (ARAU) ۸۲۹
۴.۱۳.۱۱ ثبات‌های نگاشته به حافظه ۸۳۰
۵.۱۳.۱۱ کنترل‌کننده برنامه ۸۳۱
۱۴.۱۱ برخی از پرچم‌ها در ثبات‌های وضعیت ۸۳۱
۱۵.۱۱ حافظه روی تراشه ۸۳۳
۱۶.۱۱ عناصر جانبی روی تراشه ۸۳۳
۱.۱۶.۱۱ مدار ساعت ۸۳۳
۲.۱۶.۱۱ زمان‌سنج سخت‌افزاری ۸۳۴
۳.۱۶.۱۱ وقفه‌های حالت انتظار قابل برنامه‌ریزی نرم‌افزاری ۸۳۴
۴.۱۶.۱۱ پایه‌های I/O کاربرد عمومی ۸۳۴
۵.۱۶.۱۱ درگاه‌های I/O موازی ۸۳۴
۶.۱۶.۱۱ واسط درگاه سری ۸۳۵
۷.۱۶.۱۱ درگاه سری بافرشده (BSP) ۸۳۵
۸.۱۶.۱۱ درگاه سری TDM ۸۳۵
۹.۱۶.۱۱ واسط درگاه میزبان ۸۳۵
۱۷.۱۱ توقف‌های قابل اختفاء توسط کاربر ۸۳۶
۱.۱۷.۱۱ برخی انواع توقف پشتیبانی شده توسط پردازشگر TMS320C5X ۸۳۶
۱۸.۱۱ عناصر جانبی موجودروی تراشه پردازشگر TMS320C3X ۸۳۶

شرح واژه‌ها ۸۵۷

پاسخ‌ها ۸۸۷

www.ketab.ir