

# مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال

Analog to Digital Converters

مؤلفان

مهندس بهمن امانی

(عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تبریز)

مهندس ندا امانی



انتشارات فروزش



- سرشناسه : امانی، بهمن، ۱۳۶۵ -
- عنوان و نام پدیدآور : مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال = Analog to Digital Converters / تألیف بهمن امانی، ندا امانی.
- مشخصات نشر : تبریز : فروزش، ۱۳۹۶.
- مشخصات ظاهری : ۱۵۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
- شابک : 978-964-547-716-3
- وضعیت فهرست نویسی : فیبا
- یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۵۳ - ۱۵۶.
- موضوع : مبدل‌های آنالوگ به رقمی
- مؤثر : Analog-to-digital converters :
- شناسه افزوده : امانی، ندا، ۱۳۷۱ -
- رده بندی کنگره : TK۷۸۸۷/۶ الف ۸ م ۲ ۱۳۹۶
- رده بندی دیویی : ۶۲۱/۸۱۵
- شماره کتابشناسی ملی : ۴۶۸۱۰۶۲

- نام کتاب: مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال
- تألیف: مهندس بهمن امانی - مهندس ندا امانی
- ناشر: انتشارات فروزش
- حروفچینی: واحد کامپیوتر انتشارات فروزش
- تبریز: ۱۰۰۰
- نوبت چاپ: اول ۱۳۹۶
- صحافی: فروزش
- قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال
- شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۴۷-۷۱۶-۳
- ISBN: 978-964-547-716-3

### مراکز پخش و فروش

- دفتر و فروشگاه مرکزی: تبریز- خیابان امام خمینی، نرسیده به چهارراه آپرسان، ساختمان تشریفات
- تلفن: ۳۳۳۶۹۵۲۵ (۰۴۱) فاکس: ۳۳۳۵۷۰۶۱ (۰۴۱)
- دفتر پخش تهران: ۶۶۴۶۱۴۶۰ (۰۲۱) فروشگاه اینترنتی: [www.forouzesheh.com](http://www.forouzesheh.com)

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه

|        |                                                      |    |
|--------|------------------------------------------------------|----|
| ۱-۱    | مقدمه                                                | ۱۵ |
| ۲-۱    | تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال                       | ۱۵ |
| ۳-۱    | سیگنال                                               | ۱۸ |
| ۴-۱    | علت تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال                   | ۲۰ |
| ۵-۱    | سیگنال آنالوگ (Analog signal)                        | ۲۱ |
| ۶-۱    | سیگنال دیجیتال                                       | ۲۲ |
| ۷-۱    | پردازشگر سیگنال های دیجیتال                          | ۲۲ |
| ۸-۱    | دسته بندی سیگنالها                                   | ۲۴ |
| ۹-۱    | آنالوگ به دیجیتال                                    | ۲۷ |
| ۱۰-۱   | مفهوم تبدیل آنالوگ به دیجیتال                        | ۲۸ |
| ۱۱-۱   | کوانتیزه سازی                                        | ۲۸ |
| ۱۲-۱   | مشخصات فنی مبدل های آنالوگ به دیجیتال                | ۳۰ |
| ۱۳-۱   | مبدل های آنالوگ به دیجیتال (ADC)                     | ۳۱ |
| ۱۴-۱   | فرکانس نمونه برداری                                  | ۳۱ |
| ۱۵-۱   | وضوح (RESOLUTION)                                    | ۳۲ |
| ۱۶-۱   | مدار نمونه بردار و نگهدار (SAMPLE AND HOLD CIRCUITS) | ۳۲ |
| ۱-۱۶-۱ | مشخصات مبدل آنالوگ به دیجیتال                        | ۳۴ |

## فصل دوم: مروری بر انواع ساختارهای مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال

- ۴۵..... ۱-۲ مبدل آنالوگ به دیجیتال Flash
- ۴۷..... ۲-۲ ساختار Two-step flash
- ۴۸..... ۳-۲ ساختار successive approximation
- ۵۰..... ۴-۲ ساختار pipeline
- ۵۱..... ۵-۲ ساختارهای Folding
- ۵۲..... ۶-۲ متایس ساختارهای متداول
- ۵۳..... ۷-۲ چرا روش تقریب متوالی
- ۵۳..... ۸-۲ تکنیک Successive Approximation

## فصل سوم: مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال با روش تقریب تدریجی (Successive Approximation ADC)

- ۵۷..... ۱-۳ مبدل آنالوگ به دیجیتال تقریب تدریجی
- ۶۲..... ۲-۳ پردازش سیگنال‌های صنعتی

## فصل چهارم: ملاحظات در طراحی عملی

- ۶۵..... ۴-۱ سیگنال‌های کنترل دیجیتال
- ۶۵..... ۴-۱-۱ شروع تبدیل
- ۶۵..... ۴-۱-۲ پایان تبدیل
- ۶۶..... ۴-۱-۳ سیگنال‌های ساعت
- ۶۶..... ۴-۲ مراجع ولتاژی
- ۶۸..... ۴-۲-۱ Ratiometric تبدیل داده
- ۶۸..... ۴-۳ تبدیل چندکاناله

|    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| ۶۹ | ۴-۳-۱: مبدل‌های داده با انتخاب کننده‌های داده داخلی |
| ۷۰ | ۴-۳-۲: مبدل‌های داده با انتخاب کننده‌های داده خارجی |
| ۷۱ | ۴-۴: دنبالگر و نگهدار                               |
| ۷۳ | ۴-۵: مدار واسطه                                     |
| ۷۳ | ۴-۵-۱: واسطه سریال                                  |
| ۷۴ | ۴-۵: ایزولاسیون الکتریکی با تزویج نوری              |
| ۷۶ | ۴-۶: سرعت تبدیل                                     |
| ۷۷ | ۴-۷: پردازش سیگنال ADC                              |
| ۷۷ | ۴-۸: مشکلات مربوط به نویز                           |
| ۷۸ | ۴-۸-۱: گره‌هایی که در معرض نویز قرار دارند          |
| ۷۸ | ۴-۸-۲: بافرهای مورد استفاده                         |
| ۷۹ | ۴-۸-۳: نویز و مرجع ADC                              |
| ۷۹ | ۴-۹: شکل عملی                                       |
| ۸۰ | ۴-۹-۱: زمین‌سازی تک نقطه‌ای                         |
| ۸۰ | ۴-۹-۲: منابع تغذیه مجزا                             |
| ۸۰ | ۴-۹-۳: پایه‌های زمین مجزا                           |
| ۸۰ | ۴-۹-۴: زمینهای محافظت شده                           |

### فصل پنجم: طراحی ساده با یک ADC معمولی

|    |                       |
|----|-----------------------|
| ۸۳ | ۵-۱: شرح کلی ADC      |
| ۸۳ | ۵-۲: عملکرد مبدل داده |
| ۸۶ | ۵-۲-۱: ورودی آنالوگ   |

|          |                                               |
|----------|-----------------------------------------------|
| ۸۷.....  | ۵-۲-۲: دنبالگر و نگهدار                       |
| ۸۸.....  | ۵-۲-۳: پهنای باند ورودی                       |
| ۸۸.....  | ۵-۲-۴: حفاظت ورودی                            |
| ۸۹.....  | ۵-۲-۵: تقویت کننده‌های محرک ورودی آنالوگ      |
| ۸۹.....  | ۵-۲-۶: مرجع ورودی                             |
| ۹۰.....  | ۲-۵-۷: مرجع خارجی                             |
| ۹۰.....  | ۵-۳: موازنه قابل بررسی در اینترفیس متوالی     |
| ۹۱.....  | ۵-۳-۱: مداردهی اولیه و شروع تبدیل             |
| ۹۱.....  | ۵-۳-۲: کاهش جریان تغذیه                       |
| ۹۱.....  | ۵-۳-۳: ساعت خارجی                             |
| ۹۲.....  | ۵-۳-۴: زماندهی و کنترل                        |
| ۹۵.....  | ۵-۳-۵: کددهی خروجی و تأیید تبدیل              |
| ۹۵.....  | ۵-۴: ویژگیهای عملکرد پویا و آزمایش کردن       |
| ۹۶.....  | ۵-۴-۱: تبدیلهای فوریه سریع                    |
| ۹۷.....  | ۵-۴-۲: SINAD و تعداد بیت‌های موثر             |
| ۹۸.....  | ۵-۴-۳: اعوجاج هارمونیک کلی                    |
| ۹۸.....  | ۵-۴-۴: استفاده از مشخصه‌های پویا              |
| ۹۹.....  | ۵-۵: واسطه‌های استاندارد (دستورالعمل‌های کلی) |
| ۱۰۱..... | ۵-۵-۱: واسطه Microsire™ / SPI™                |
| ۱۰۲..... | ۵-۵-۲: واسطه QSPI™                            |
| ۱۰۳..... | ۵-۵-۳: تبدیل متوالی به موازی و کاملاً ایزوله  |
| ۱۰۴..... | ۵-۵-۴: بررسیهای عملی MAX187/189               |

## فصل ۶: طراحی ساده با یک ADC فلش

- ۶-۱: توضیحات کلی در مورد ADC ..... ۱۰۹
- ۶-۲: عملکرد مبدل داده ..... ۱۱۴
- ۶-۳: نیازمندیهای تغذیه ..... ۱۱۵
- ۶-۴: نیازمندیهای ولتاژ تغذیه ..... ۱۱۵
- ۶-۵: کنترل کدینگ خروجی ..... ۱۱۵
- ۶-۶: شروع یک تبدیل ..... ۱۱۶
- ۶-۷: ورودیهای آنالوگ ..... ۱۱۷
- ۶-۸: خروجیهای دیجیتال ..... ۱۱۷
- ۶-۹: کالیبراسیون ..... ۱۱۷
- ۶-۱۰: واسط ویدیویی ..... ۱۱۸

## فصل ۷: چگونگی انتخاب یک مبدل ADC

- ۷-۱: روش استفاده از یک ADC و علائم کنترلی ..... ۱۲۳
- ۷-۲: مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ ..... ۱۲۵

## فصل ۸: ملاحظات طراحی برای مدار تقویت کننده نمونه بردار و نکه دار با بهره واحد

- ۸-۱: بخش اول: ملاحظات طراحی ..... ۱۳۳
- ۸-۲: بخش دوم: ملاحظات و روند طراحی تقویت کننده عملیاتی ..... ۱۳۸
- ۸-۳: بخش سوم: نتایج شبیه سازی ..... ۱۴۳
- ۸-۴: مسیر تکنولوژی ..... ۱۵۱
- ۸-۵: تکنیکهای جدید طراحی ..... ۱۵۲
- منابع و مآخذ ..... ۱۵۳