دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق- الکترونیک

عنوان

طراحی فیلتر پایین گذر برای گیرنده های قابل تغییر مولتی استاندارد بی سیم

اساتید راهنما

دکتر ضیاءالدین دایی کوزه کنانی

دکتر حسین بالازاده بهار

استاد مشاور

دکترجعفرصبحی

پژوهشگر

سید سهراب میرعمادی

خرداد ۱۳۹۰

نام خانوادگی دانشجو: میرعمادی **نام:** سید سهراب

عنوان پایان نامه: طراحی فیلتر پایین گذر برای گیرنده های قابل تغییر مولتی استاندارد بی سیم

اساتید راهنما: دکتر ضیاءالدین دایی کوزه کنانی، دکتر حسین بالازاده بهار

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی برق **گروه:** الکترونیک **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر **تاریخ فارغ التحصیلی:** ۹۰/ ۳ /۲۵ **تعداد صفحه: ۱۰۷**

کلید واژه‌ها: ساختار قابل تغییر ، فیلتر پایین گذر، گیرنده-فرستنده

چکیده :

آنچه امروزه شاهد آن هستیم رشد چشمگیر تکنولوژی در حوزه ی بی سیم است. از جمله ابزاری که به خوبی این پیشرفت را نشان می دهد تلفن همراه می باشد. به طور ساده ، هر تلفن همراه یک دستگاه گیرنده-فرستنده می باشد که کارهای زیادی را می توان به کمک آن انجام داد ، از صحبت کردن که مهمترین ویژگی این دستگاه می باشد گرفته تا ارتباط با تلفن های دیگر از طریق بلوتوث و وصل شدن به اینترنت ، همگی با یک گوشی تلفن همراه امروزه امکان پذیر می باشد. یکی از مهمترین مواردی که در این صنعت حائز اهمیت است ساخت تلفن هایی می باشد که قابلیت پشتیبانی استانداردهای بیشتری را داشته باشند. این امر یک موضوع مهم برای طراحان این تلفن های همراه به حساب می آید چراکه افزایش تعداد استانداردها به قیمت بزرگ شدن مساحت تراشه ی بکارگرفته شده در داخل این تلفن ها می باشد. برای حل این مشکل، در سال های اخیر تلاش طراحان بر این بوده است که بخش گیرنده-فرستنده دارای ساختاری قابل تغییر شود یعنی قسمت سخت افزاری آن قابلیت به اشتراک گذاشته شدن برای استانداردهای مختلف را داشته باشد. بدین ترتیب سطح اشغال شده و توان مصرفی کاهش می یابند.

ساختارهای مختلفی برای گیرنده ها وجود دارد که از بین آنها ما ساختار Zero-IF را انتخاب کرده ایم. خود این ساختار دارای قسمت های مختلفی می باشد که می توان به بلوک های LNA ، LPF، AGC ، ADC و DSP اشاره نمود. از بین این بلوک ها ما به طراحی فیلتر پایین گذر پرداختیم. فیلتر پایین گذر مورد نظر ما یک فیلتر باتروورث مرتبه ی سوم است که به صورت Gm-C تحقق یافته است. طراحی این فیلتر به گونه ایی بوده است که استانداردهای GSM ، Bluetooth و 802.11a پشتیبانی شوند. تکنولوژی بکارگرفته شده برای طراحی این فیلتر تکنولوژی 0.18um CMOS می باشد و برای شبیه سازی این فیلتر از نرم افزار Hspice استفاده شده است.

فهرست مطالب

فهرست شکل ها..... IV

فهرست جدول ها..... IX

مقدمه ۱

بررسی منابع..... ۳

معرفی موبایل..... ۵

نسل اول و دوم موبایل..... ۵

نسل سوم و چهارم موبایل..... ۵

معرفی روش های دسترسی چندگانه..... ۷

روش های TDD و FDD ۷

روش FDMA ۸

روش TDMA ۹

نگاهی بر انواع مدولاسیون..... ۱۰

مدولاسیون آنالوگ..... ۱۱

مدولاسیون دیجیتال..... ۱۲

مدولاسیون باینری..... ۱۵

مدولاسیون عمودی..... ۱۵

پارامترهای طراحی..... ۱۷

نویز..... ۱۷

اغتشاش هارمونیکی..... ۱۹

خطینگی..... ۲۰

اینترمدولاسیون(IM)..... ۲۰

نقطه ی برخورد مرتبه ی ۳ (ip3)..... ۲۲

معرفی استانداردها..... ۲۳

GSM ۲۳
Bluetooth ۲۵
WLAN ۲۵
معرفی ساختارهای گیرنده ۲۶
گیرنده های هیترودایین ۲۸
مفهوم تصویر ۳۰
گیرنده ی تبدیل مستقیم (فرکانس میانی صفر) ۳۲
بررسی چند مقاله ۳۵
مقاله هایی از دکتر همکارانش ۳۵
مقاله ایی از دکتر کیسر و همکارانشان ۴۳
مقاله ی دکتر چان و همکارانشان ۴۵

مبانی و روش ها ۴۹
نگاهی اجمالی به فیلترها ۴۹
فیلتر Gm-C ۵۲
انتگراتور MOSFET-C ۵۳
انتگراتور Gm-OTA-C ۵۴
انتگراتور Gm-C ۵۵
فیلتر Gm-C طراحی شده ۵۷
ترانسکنداکتور ۶۱
ترانسکنداکتورهایی برپایه ی زوج تفاضلی کاهشی ۶۱
ترانسکنداکتورهایی بر پایه ی ترانزیستورهای با ولتاژ درین–سورس ثابت ۶۳
ترانسکنداکتور بر پایه ی زوج تفاضلی ۶۴
طراحی ترانسکنداکتور با هدایت انتقالی متغییر ۶۵
ترانسکنداکتور طراحی شده ۷۰

نتایج و بحث..... ۸۸
مقادیر اندازه گیری شده برای ترانسکنداکتور..... ۸۸
نتایج شبیه سازی فیلتر..... ۸۹
مقایسه با سایر مقاله ها..... ۹۳
نتیجه گیری و پیشنهاد..... ۹۴
منابع ۹۶

فهرست شکل ها

شکل (۱-۱) توسعه ی نسل های موبایل ۶

شکل (۱-۲) طیف مربوط به استانداردها ۶

شکل(۱-۳) TDD ۸

شکل(۱-۴) FDD ۸

شکل(۱-۵) FDMA ۸

شکل(۱-۶) TDMA ۹

شکل(۱-۷) مفهوم سیگنال باند پایه (a) و سیگنال باندگذر(b) ۱۰

شکل(۱-۸) سیستم مخابراتی به بیان ساده ۱۰

شکل(۱-۹) آشکار کننده ی AM ۱۱

شکل(۱-۱۰) چپ به راست ASK ، FSK وPSK ۱۲

شکل (۱-۱۱) نمایش ۴ سطحی یک رشته داده ی باینری ۱۳

شکل(۱-۱۲) آشکارسازی سیگنال از طریق نمونه گیری ۱۴

شکل (۱-۱۳) بلوک دیاگرام یک گیرنده ی دیجیتال بیسیم ۱۴

شکل(۱-۱۴) گیرنده ی باینری ۱۵

شکل(۱-۱۵) مدولاسیون عمودی ۱۶

شکل(۱-۱۶) آشکارسازی QPSK ۱۶

شکل(۱-۱۷) مدولاسیون GMSK ۱۷

شکل(۱-۱۸) اینترمدولاسیون در یک سیستم غیرخطی ۲۱

شکل(۱-۱۹) اثر اینترمدولاسیون مولفه های تداخلی روی سیگنال مطلوب ۲۱

شکل(۱-۲۰) رشد مولفه های خروجی در تست اینتر مدولاسیون ۲۲

شکل(۱-۲۱) محاسبه ی IP3 ۲۳

شکل(۱-۲۲) طرح فرکانسی GSM ۲۴

شکل(۱-۲۳) ساختار Low-IF پیشنهادی برای GSM ۲۴

شکل(۱-۲۴) ساختار Low-IF پیشنهادی برای بلوتوث ۲۵

شکل(۱-۲۵) ساختار پیشنهادی برای گیرنده ی WLAN ۲۶

شکل(۱-۲۶) نمونه ی SDR ایده آل ۲۷

شکل(۱-۲۷) (a)توان مورد نیاز برای یک ADC ۱۲ بیتی 12GS/S (b) بهبود FoM برای ADC در سال های آینده ۲۸

شکل(۱-۲۸) گیرنده ی هیترودین ۲۹

شکل(۱-۲۹) حذف تصویر در دو حالت (a) IF بالا (b)IF پایین ۲۹

شکل(۱-۳۰) گیرنده ی هیترودین dual IF ۳۰

شکل(۱-۳۱) عملکرد یک ضرب کننده و فرکانس IF خروجی ۳۱

شکل(۱-۳۲) کانال قبل از تاثیر ضرب کننده ۳۱

شکل(۱-۳۳) خروجی ضرب کننده وقتی تنها مولفه ی y را در نظر می گیریم ۳۱

شکل(۱-۳۴) حذف تصویر به کمک فیلتر ۳۲

شکل(۱-۳۵) گیرنده ی Zero-IF به صورت ساده ی آن ۳۲

شکل(۱-۳۶) گیرنده ی Zero-IF با انتقال به صفر متعامد ۳۳

شکل(۱-۳۷) Lo-Leakage درگیرنده ی Zero-IF ۳۴

شکل(۱-۳۸) شمایی از OTA بکار گرفته شده در منبع [10] ۳۵

شکل(۱-۳۹) مدار CMFB برای OTA مربوط به منبع [10] ۳۶

شکل(۱-۴۰) مدار تنظیم برای منبع [10] ۳۷

شکل(۱-۴۱) فیلتر مرتبه ی ۲ مربوط به منبع [10] ۳۸

شکل (۱-۴۲) نتایج شبیه سازی فیلتر منبع [10] ۳۸

شکل(۱-۴۳) بلوک دیاگرام یک گیرنده ی چند استانداردی با ساختار قابل تغییر ۳۹

شکل(۱-۴۴) پردازش سیگنال آنالوگ در بخش باند پایه ی یک گیرنده ۳۹

شکل(۱-۴۵) طرح مورد نظر برای بخش باندپایه ۴۰
شکل(۱-۴۶) سلول بایکواد Active-Gm-RC ۴۱
شکل(۱-۴۷) قسمت های تشکیل دهنده ی سلول Active-Gm-RC ۴۱
شکل(۱-۴۸) فیلتر پایین گذر مرتبه ی چهار ۴۲
شکل(۱-۴۹) پاسخ فرکانسی و جدول نتایج مقاله ی ۱۲ ۴۳
شکل(۱-۵۰) ساخت فیلتر پایین گذر با Gm چندگانه ۴۴
شکل(۱-۵۱) سلول ترانسکنداکتور استفاده شده ۴۴
شکل(۱-۵۲) (a) ترانسکنداکتور متعارف (b) ترانسکنداکتور تفاضلی ۴۶
شکل(۱-۵۳) مفهوم ترانسکنداکتور با محدوده ی تنظیم بزرگ ۴۷
شکل(۱-۵۴) فیلتر مرتبه ی سه باتروورث ۴۸
شکل(۲-۱) حالت های مختلفی که برای باندپایه می توان متصور شد ۴۹
شکل(۲-۲) فیلتر پایین گذر(a) ایده آل (b) عملی ۵۱
شکل(۲-۳) پاسخ دامنه ایی که امکان برآورده ساختن مشخصات مورد نیاز یک LPF را دارد ۵۱
شکل(۲-۴) مقایسه ی بین پاسخ دامنه ی فیلتر چبی شف و فیلتر باتروورث متناظر با آن ۵۲
شکل (۲-۵) پاسخ دامنه و فاز یک انتگراتور ۵۳
شکل(۲-۶) انتگراتور MOSFET-C ۵۳
شکل(۲-۷) انتگراتور Gm-OTA-C ۵۴
شکل(۲-۸) انتگراتور Gm-C ۵۵
شکل(۲-۹) فیلتر پایین پسیو مرتبه ی ۶ ۵۶
شکل(۲-۱۰) تحقق شبکه ی LC به کمک SFG ۵۶
شکل(۲-۱۱) (a) تحقق SFG مقاومت ورودی (b) شبکه ی RC خروجی ۵۶
شکل(۲-۱۲) تحقق به صورت Gm-C شکل ۲-۹ ۵۷
شکل(۲-۱۳) فیلتر باتروورث مرتبه ی سوم به صورت پسیو ۵۷

شکل(۲-۱۴) تحقق Gm-C فیلتر باترورث مرتبه ی سوم ۵۷
شکل(۲-۱۵) بدست آوردن تابع انتقال فیلتر پیشنهادی ۵۸
شکل(۲-۱۶) سلف شناور ، gm2=gm4 و gm1=gm3 ۶۰
شکل(۲-۱۷) یک جفت تفاضلی کاهشی ۶۱
شکل(۲-۱۸) زوج تفاضلی کاهشی با اثرات پارازیتی و منابع نویز ۶۲
شکل(۲-۱۹) ترانسکنداکتور بر پایه ی ترانزیستور با ولتاژ درین-سورس ثابت ۶۳
شکل(۲-۲۰) تحقق به صورت CMOS و BiCMOS ۶۳
شکل(۲-۲۱) زوج تفاضلی ۶۴
شکل(۲-۲۲) مدار سیگنال کوچک برای جفت تفاضلی ۶۴
شکل (۲-۲۳) (a) انتگراتورGm-C که ماکزیمم فرکانس را می دهد (b) روش Gm ثابت (c) روش C ثابت ۶۶
شکل(۲-۲۴) تغییرات توان مصرفی ، نویز و خازن کلی وقتی فرکانس تغییر می کند ۶۷
شکل(۲-۲۵) ترانسکنداکتور با هدایت انتقالی قابل تغییر ۶۷
شکل(۲-۲۶) یک فیلتر Gm-C مرتبه ی دوم ۶۸
شکل(۲-۲۷) اثر خازن های پارازیتی در فیلتر مرتبه ی دوم ۶۸
شکل(۲-۲۸) فیلتر مرتبه ی دوم با فرض ثابت بودن خازن های پارازیتی ۶۹
شکل(۲-۲۹) هسته ی اولیه برای ترانسکنداکتور پیشنهادی ۷۰
شکل(۲-۳۰) از بین بردن اثر خازن پارازیتی ورودی ۷۱
شکل(۲-۳۱) زمانی که b=1 است ۷۱
شکل(۲-۳۲) مدار سیگنال کوچک برای حالتی که b=1 است ۷۲
شکل(۲-۳۳) زمانی که b=0 است ۷۲
شکل(۲-۳۴) مدار سیگنال کوچک برای وقتی که b=0 است ۷۲
شکل(۲-۳۵) نمایش بلوک دیاگرامی ترانسکنداکتور شکل(۲-۳۰) ۷۳
شکل(۲-۳۶) ترکیب موازی دو ترانسکنداکتور ۷۳

شکل(۲-۳۷) ترانسکنداکتور طراحی شده ۷۴

شکل(۲-۳۸) شکل ساده ی ترانسکنداکتور ۷۵

شکل(۲-۳۹) مدار CMFB برای ترانسکنداکتور ۷۷

شکل(۲-۴۰) ترانسکنداکتور که به صورت دیجیتالی کنترل می شود ۷۸

شکل(۲-۴۱) پاسخ فرکانسی سلول ترانسکنداکتور پایه ۷۹

شکل(۲-۴۲) بالا : جریان تفاضلی خروجی را داریم و پایین : ولتاژ تفاضلی ورودی را داریم ۸۰

شکل(۲-۴۳) دو سلول ترانسکنداکتور که با هم موازی شده اند ۸۱

شکل(۲-۴۴) جریان تفاضلی بین دو گره خروجی ۸۱

شکل(۲-۴۵) تحقق هدایت انتقالی 3gm ۸۲

شکل(۲-۴۶) ترانسکنداکتور کلی ۸۳

شکل(۲-۴۷) ترانسکنداکتور کلی برای اولین بلوک فیلتر ۸۳

شکل(۲-۴۸) تغییر مقیاس زمانی ۸۵

شکل(۲-۴۹) تغییر مقیاس فرکانسی ، بالا مدار اصلی. چپ، روش هدایت انتقالی ثابت و راست روش خازن ثابت ۸۶

شکل(۲-۵۰) تغییر مقیاس در یک شبکه یGm-C ۸۶

شکل(۲-۵۱) ویژگی های مربوط به نویز شبکه ی تغییرمقیاس یافته(a) شبکه ی اصلی(b) روش خازن ثابت (c) روش هدایت انتقالی ثابت ۸۶

شکل(۳-۱) پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر برای استاندارد GSM ۸۹

شکل(۳-۲) فرکانس 3dB فیلتر برای استاندارد GSM ۸۹

شکل(۳-۳) پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر برای استاندارد Bluetooth ۹۰

شکل(۳-۴) فرکانس 3dB فیلتر برای استاندارد Bluetooth ۹۱

شکل(۳-۵) پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر برای استاندارد WLAN ۹۱

شکل(۳-۶) فرکانس 3dB فیلتر برای استاندارد WLAN ۹۲

شکل(۳-۷) پاسخ فرکانسی فیلتر برای استاندارد GSM وقتی تکنولوژی فایل SS می باشد ۹۵

فهرست جدول ها

جدول(۱-۱) افزایش کاربرها از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ ۴

جدول(۱-۲) مشخصات سیگنال GSM ۲۴

جدول(۱-۳) پارامترهای اندازه گیری شده در مقاله ی ۱۳ ۴۵

جدول(۱-۴) مشخصات فیلتر طراحی شده ۴۸

جدول(۲-۱) ابعاد ترانزیستورهای ترانسکنداکتور ۷۶

جدول(۲-۲) جریان ترانزیستورهای ترانسکنداکتور ۷۶

جدول(۲-۳) جریان ترانزیستورهای ترانسکنداکتور وقتی ترانسکنداکتور خاموش است ۷۷

جدول(۲-۴) ابعاد ترانزیستورهای مدار فیذبک حالت مشترک ۷۹

جدول (۲-۵) هدایت انتقالی مربوط به هر استاندارد ۸۴

جدول (۲-۶) ویژگی های مربوط به نویز شبکه های تغییر مقیاس یافته ۸۷

جدول(۳-۱) مقادیر مربوط به ترانسکنداکتور در شرایط DC ۸۸

جدول(۳-۲) خلاصه ی مشخصات این کار ۹۲

جدول(۳-۳) مقایسه با کارهایی که قبلاً گزارش شده است

مقدمه

امروزه شاهد رشد روزافزون تکنولوژی بخصوص در حوزه ی ارتباطات می باشیم. چند دهه قبل اختراع تلفن تحولی عظیم در زندگی مردم بوجود آورد و بشر توانست با سهولت بیشتری ارتباط برقرار کند و مهمتر اینکه زمان صرف شده برای برقراری ارتباط کاهش یافت و این ویژگی برای آن دوره یک امتیاز بزرگ محسوب می شد. در ابتدا تنها اطلاعات به صورت صدا و داده ی متنی[1] انتقال پیدا می کرد ولی به سرعت تکنولوژی در عرصه های مختلف پیشرفت کرد که یکی از تاثیر گذارترین آنها توسعه در ساخت ترانزیستورهایی با ابعاد کوچکتر بود به طوری که از ابعادی در حدود ۵-۶ میکرومتر برای طول کانال به ابعاد واقعا کوچکی در حدود ۰.۰۹ میکرو متر رسیده ایم . توسعه ی چشمگیر تکنولوژی به همراه احساس نیاز بی پایان بشر برای زندگی راحتتر دست به دست هم داده به طوری که امروزه شاهد به بازار آمدن موبایل های نسل سوم و چهارم می باشیم.

همانطور که گفته شد موبایل ها در ابتدا استانداردهای کمی را پشتیبانی می کردند اما امروزه تمرکز بیشتر بر روی ساخت موبایا هایی است که قابلیت پشتیبانی استانداردهای بیشتری را دارند. پشتیبانی استانداردهای مختلف نیازمند این بوده است که در ساختار داخلی موبایل ها انقلاب اساسی صورت بگیرد. یکی از بخش های مهم داخلی موبایل قسمت گیرنده – فرستنده ی آن است که طراحان همیشه بر روی طراحی بهتر آن کار کرده اند. هرچه ساختار ما کوچکتر باشد، توان مصرفی کمتری مصرف کند و استانداردهای بیشتری را پشتیبانی کند می توان گفت که طراحی بهتری انجام شده است.

گیرنده به خودی خود دارای بخش های مختلفی می باشد که یکی از آنها فیلتر است. بسته به اینکه چه ساختاری برای گیرنده استفاده می شود نوع این فیلتر هم فرق می کند. در این پایان نامه کار ما به صورت یک پروژه ی گروهی تعریف شد که هر کدام از اعضای گروه بر روی یکی از بلوک های این گیرنده کار کرده اند. ساختار کلی که برای این گیرنده در نظر گرفته شد ساختار Zero-IF می باشد و پایان نامه ی بنده طراحی فیلتر پایین گذر این گیرنده است. به دلیل اینکه برای بار اول بود که گروه الکترونیک بر روی چنین گیرنده ایی کار کرده است ، تنها به پشتیبانی سه استاندارد بسنده کردیم که عبارتند از GSM ، Bluetooth و WLAN . در سالهای بعد اگر امکان کار کردن فراهم آمد این پروژه را گسترش می دهیم و استانداردهای بیشتری را مورد توجه قرار می دهیم.

[1] Text data

چهارچوب کلی این پایان نامه همانند سایر پایان نامه ها می باشد . در فصل اول که فصل بررسی منابع است آمدیم و یه توضیح کلی در مورد موبایل ها و نسل های مختلف آنها داده ایم و به طور کلی سیر تحولی آنها را از ابتدا تا امروزه بیان کرده ایم. سپس به مشخصه های اصلی فیلتر ها پرداخته ایم تا وقتی به طور مثال از اعوجاج هارمونیکی سوم صحبت می کنیم بدانیم که چی هست و چگونه محاسبه می شود. در ادامه بحث اصلی فصل را بیان می کنیم و آن بررسی منابع است. در قسمت بررسی مقاله ها ، چند مقاله را آورده ایم که بیشتر برای ما مفید واقع شدند وبه طور اجمالی مورد بررسی قرار دادیم .

در فصل دوم که فصل مبانی و روش ها هست توجه خودمان را به فیلترها معطوف می کنیم و انواع آن را مورد بررسی قرار می دهیم. همچنین با ترانسکنداکتورها که بخش اصلی این فیلتر ها می باشند بیشتر آشنا می شویم. و در نهایت به بخش اصلی پایان نامه یعنی فیلتری که طراحی کرده ایم پرداخته می شود.

در فصل سوم که به فصل نتایج و بحث می باشد در واقع نتایج به دست آمده از طراحیمان را می آوریم و با کار دیگر افراد مقایسه می کنیم ، در انتها برای بهبود کارمان پیشنهادهای لازم را می دهیم که اگر خدا بخواهد بعدا بتوانیم کارمان را بهتر کنیم.

.

۱ بررسی منابع

۱-۱ معرفی موبایل

در واقع تلفن موبایل یک ابزار الکتریکی است که به منظور مکالمه های تلفنی سیار مورد استفاده قرار می گیرد. تلفن های موبایل با تلفن های بدون هسته[۱]، که تنها در یک محدوده ی کم قابل استفاده هستند به عنوان مثال در محیط خانه و یا منزل ، فرق دارند. یک تلفن موبایل می تواند تماس های تلفنی را هم به یک شبکه ی تلفنی عمومی[۲]،که در بر گیرنده ی سایر تلفن های موبایل و تلفن های خط ثابت است، ارسال کند و هم این که از این شبکه این تماس ها را دریافت کند.

اولین تلفن موبایل قابل حمل در سال ۱۹۷۳ توسط دکتر مارتین کوپر[۳] ارائه شد . نکته ی قابل توجه در مورد این موبایل این بود که گوشی آن وزنی در حدود ۲ کیلوگرم ! داشت. اولین تماس تلفنی در حال حرکت ، از یک ماشین در خیابان لوییس میسوری[۴] ، واقع در آمریکا، در سال ۱۹۴۶ اتفاق افتاد. البته آن سیستم با توجه به معیارهایی که امروزه برای موبایل ها قائل هستیم غیرعملی به نظر می رسد چرا که وزن کل تجهیزات آن در حدود ۳۶ کیلوگرم ! بود. درسال ۱۹۵۶ کمپانی های مخابراتی سوئدی ، تلیا سونرا و اریکسون[۵] ، اولین سیستم تلفن موبایل کاملاً اتوماتیک را ساختند. این برای اولین بار بود که تماس ها می توانست در داخل ماشین با استفاده از سیستم شبکه ی تلفن عمومی ، گرفته و یا ارسال بشوند. کمتر از ده سال بعد یک سیستم مدرن تر که سیستم موبایل ب(MTB)[۶] نام داشت معرفی شد، ویژگی این سیستم این بود که به منظور افزایش ظرفیت تماس[۷] از ترانزیستورها استفاده کردند.

تا سال ۱۹۸۱ نسل اول تلفن های موبایل را به اسم NMT[۸] نیز می شناختند. NMT در واقع نقطه ی آغاز در انقلاب موبایل ها بود، در نهایت این GSM[۹] بود که جای نسل اول موبایل ها را گرفت گرفت و به عبارت دیگر موبایل های نسل دوم روی کار آمدند. در ادامه به نسل های موبایل خواهیم پرداخت ولی قبل از آن با یک مثال میزان نفوذ این تکنولوژی در میان مردم را نشان می دهیم. جدول (۱-۱) درصد افزایش کاربرهای تلفن ثابت ، کامپیوترشخصی، اینترنت و تلفن موبایل را از سال

[1] Cordless telephones
[2] Public telephone network
[3] Martin cooper
[4] Louis Missouri
[5] TeliaSonera - Ericsson
[6] Mobile System B
[7] Calling capacity
[8] Nordic Mobile Telephone
[9] Global System for Mobile

۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ نشان می دهد.

جدول ۱-۱ : افزایش کاربرها از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵

Technology	Increase %	Increase by X times
Fixed telephony	۲۳۱	۲
Mobile	۱۳۵۵۰	۱۳۵
PC	۶۱۰	۶
Internet	۲۱۹۰۹	۲۱۹

آمار ذکر شده در جدول (۱-۱) نشان دهنده ی رشد سریع تعداد کاربرها در دو حوزه ی internet و mobile می باشد. تعداد کاربرهای موبایل در تمام کشورها درسال ۱۹۹۰ برابر ۱۲.۴ میلیون نفر بود ، در حالیکه این تعداد در سال ۲۰۱۰ به رقم قابل توجه ۴.۶ میلیارد نفر رسیده است.

با توجه به صحبت های قبلی به راحتی می توان به این نتیجه رسید که کار بر روی این شاخه از صنعت چه قدر برای کشورها مهم و پر اهمیت است . حتی اگر جنبه ی انسانی آن را کنار بگذاریم از لحاظ مالی بسیاری از قدرت های صنعتی حساب ویژه ایی بر روی این بخش باز کرده اند ، به همین علت کار در این حوزه بسیار سخت است .امروزه طراحان زیادی از سرتاسر دنیا بر روی موبایل ها کار می کنند به همین علت انجام یک کار جدید به طوری که بتواند وارد صنعت شده و به صورت انبوه تولید بشود نیازمند ساعت ها کار مداوم و حرکت گروهی می باشد . البته پشتوانه ی مالی لازم برای این حرکت نیز باید فراهم شود تا بتوان سریع رو به جلو حرکت کرد و از گروه های طراحی دیگر در سایر نقاط دنیا عقب نیفتاد.

همان طور که قبلاً گفته شد موبایل ها به سرعت بین مردم رواج پیدا کردند و از لحاظ سخت افزاری نیز انقلاب های اساسی در ساختارهای آنها صورت گرفت. در ادامه می خواهیم به سیر تحولی موبایل بپردازیم ، به عبارت دیگر نسل های موبایل را معرفی کنیم.

۱-۱-۱نسل اول و دوم موبایل

نسل اول موبایل ها همانطور که در بالا هم آمد در دهه ی هشتاد میلادی معرفی شد و با نام اختصاری 1G [1] شناخته می شود. می توان گفت که در ابتدای دهه ی نود بود که استاندارد GSM به به عنوان یک استانداردی که موبایل ها می بایست آن را پشتیبانی کنند مطرح شد و در نتیجه موبایل ها نیز یک نسل بالاتر رفتند و نسل دوم، 2G، موبایل ها به روی کار آمدند. هر دوی این سیستم ها از سیگنال دهی دیجیتال [2] برای ارتباط برج های رادیویی با مابقی سیستم تلفن استفاده می کردند اما درموبایل های نسل دوم ، صدا در زمان برقراری تماس به سیگنال های دیجیتالی کد [3] می شود در حالیکه در موبایل های نسل اول به فرکانس های بالاتر ، نوعاً ۱۵۰ مگاهرتز، مدوله [4] می شود. البته هدف ما در اینجا بررسی جزئیات این امر نمی باشد و این نکات را به مخابراتی ها می سپاریم .

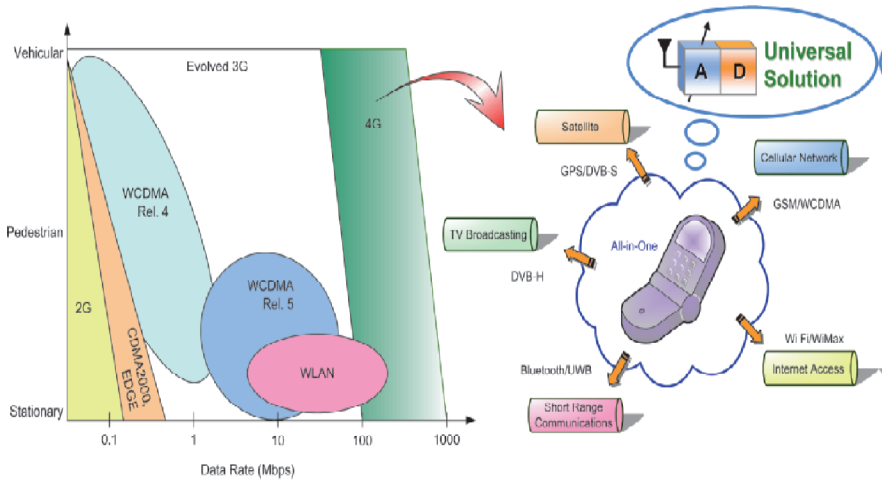
۱-۱-۲نسل سوم و چهارم موبایل

نسل سوم موبایل، 3G ، به نسلی از موبایل ها گفته می شود که مشخصه های تعیین شده توسط گروه IMT-2000 [5] را داشته باشد ، از جمله ی این مشخصه ها این است که این موبایل ها باید تماس ویدیویی [6] ، اینترنت و سیگنال های تلویزیونی را پشتیبانی کنند. همچنین می بایست ماکزیمم سرعت انتقال داده ی آنها حداقل 200kbit/s باشد.

در مورد نسل چهارم موبایل ها ماکزیمم سرعت انتقال داده در هر ثانیه برای زمانی که سرعت حرکت بالا می باشد 100Mbit در نظر گرفته شده است و برای زمانی که سرعت حرکت پایین است (کاربرهای ایستاده) مقدار 1Gbit/s در نظر گرفته شده است . البته موبایل های نسل چهارم استانداردهای بیشتری را نیز نسبت به نسل های قبلی خود پشتیبانی می کنند. در اینجا هدف این نیست که به تک تک این استانداردها بپردازیم و تمرکز را بیشتر بر روی مفهوم چند استانداردی [7] بودن این نسل از موبایل ها معطوف می کنیم. واضح است که یکی از مشخصه های مهم سیستمهای بی سیم نسل چهارم ، قابلیت سازگاری با تعدادی بیش از یک استاندارد می باشد. از جمله ی این

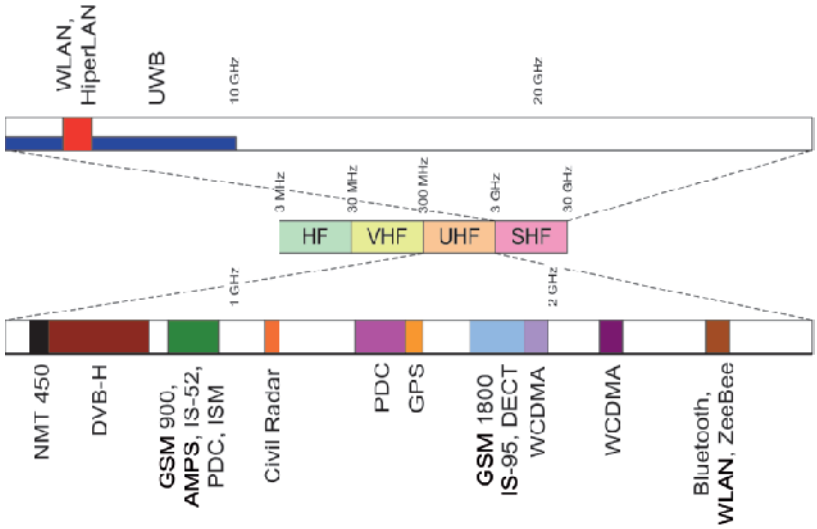
[1] First-generation
[2] Digital signaling
[3] Code
[4] Modulated
[5] International Mobile Telecommunications
[6] Video call
[7] Multistandard

استاندارد هـا مـی تـوان بـه GSM ، GPS ، WCDMA ، WiFi ، WiMax ، Bluetooth ، ZeeBee و UWB اشاره کرد. شکل (1-1) به نـوعی توسـعه ی سیسـتمهای مخـابراتی بـی سـیم[1] را نشـان مـی دهد.[1]



شکل ۱-۱: توسعه ی نسل های موبایل

همانطور که درچند سطر قبل نیز گفتیم آنچه که در نسل های جدید موبایل حائزاهمیـت مـی باشد ویژگی چند استانداردی بودن آن است به طوری که اکثـر اسـتانداردها را کـه در محـدوده هـای فرکانسی مختلف هستند پشتیبانی کنند. در شکل (2-1) ، اسـتانداردهای مختلـف و طیـف فرکانسـی مربوط به آنها آورده شده است.[1]



شکل ۱-۲: طیف مربوط به استانداردها

[1] wireless

در این شکل تعداد زیادی استاندارد برای ارتباط های بی سیم آورده شده است . از بین این تعداد، ما تنها به سه استاندارد نسبتاً مهمتر می پردازیم که عبارتند از GSM ، Bluetooth و WLAN . علت این که تنها این سه استاندارد را انتخاب کردیم یکی این می باشد که هر سه ی آنها در همه ی موبایل های نسل های سه و چهار وجود دارند و بسیار کاربردی می باشند[2] ، علت دیگر این است که پهنای باند فرکانسی مورد نیاز برای آنها با یکدیگر اختلاف نسبتاً زیادی دارند و کار کردن بر روی آنها را سخت تر می کند. در ادامه ی این فصل در بخش بررسی استانداردها به این سه استاندارد بیشتر خواهیم پرداخت.

۱-۲ معرفی روش های دسترسی چندگانه[1]

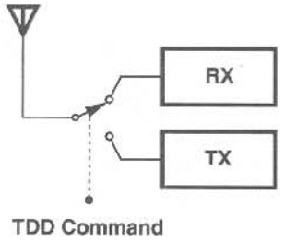
قبل از اینکه به معرفی سه استاندارد گفته شده بپردازیم می خواهیم کمی در مورد مشخصه های مربوط به موبایل صحبت کنیم. هر موبایل اطلاعات را از طریق دو کانال RF[2] دریافت و یا ارسال می کند. دریافت این اطلاعات از دکل مخابراتی[3] از طریق خط پایین[4] و ارسال اطلاعات به دکل مخابراتی از طریق خط بالا[5] صورت می پذیرد.[3]

۱-۲-۱ روش های **TDD**[6] و **FDD**[7]

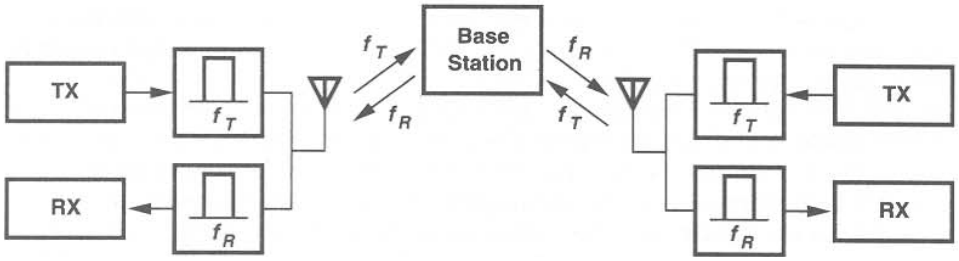
فرض کنیم با استفاده از یک فرستنده-گیرنده بخواهیم بیش از یک سیگنال را بفرستیم یا دریافت کنیم و یا این که همزمان دو سیگنال را بفرستیم و یا دریافت کنیم . آیا امکان این کار وجود دارد ؟ بله، از طریق دو قسمتی کردن[8] می توان این کار را انجام داد. به عبارت دیگر دو قسمتی کردن امکان دسترسی چندگانه را به ما می دهد. به طور کلی دو روش برای دسترسی چندگانه داریم یکی تقسیم بندی دوبخشی زمانی(TDD) است و دیگری تقسیم بندی دو بخشی فرکانسی(FDD) است. در روش اول برای مسیر گیرنده و فرستنده یک باند فرکانسی مورد استفاده قرار می گیرد ، اما سیستم برای نیمی از زمان کار فرستادن را انجام می دهد و در نیمه ی بعدی زمان کار گرفتن را

[1] Multiple Access Techniques
[2] Radio Frequency
[3] Base station
[4] Downlink
[5] Uplink
[6] Time Division Duplexing
[7] Frequency Division Duplexing
[8] Duplexing

انجام می دهد. شکل (۱-۳) این موضوع را نشان مـی دهـد. در روش دوم دو بانـد فرکانسـی متفـاوت برای مسیرهای ارسال و دریافت در نظر گرفته می شود به همین علت به طور همزمان مـی تـوان کـار دریافت و ارسال را انجام داد. این روش در شکل (۱-۴) نشان داده شده است.



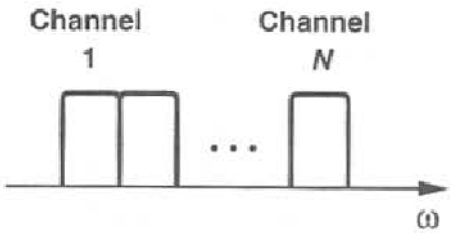
شکل ۱-۳: TDD



شکل ۱-۴: FDD

۱-۲-۲روش **FDMA**[1]

برای اینکه ارتباط مخابراتی همزمان میان چندین فرستنده-گیرنده فراهم شود ، باند فرکانسـی موجود می تواند به تعداد زیادی کانال تقسیم شود به طوری که هر کانال به یک کاربر اختصـاص مـی یابد. این حالت را دسترسی چندگانه ی تقسیم شده ی فرکانسی ، FDMA ، می نامیم. در شـکل (۱-۵) این مفهوم نشان داده شده است.[3]

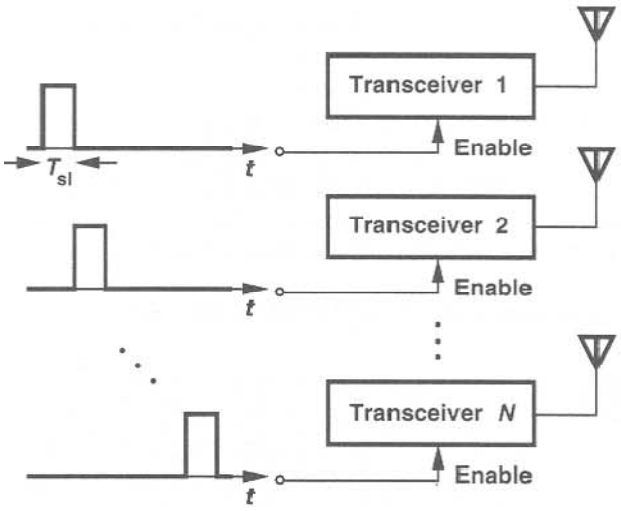


شکل ۱-۵: FDMA

[1] Frequency Division Multiple Access

۱-۲-۳روش TDMA[1]

یکی دیگر از روش های تحقق دسترسی چندگانه این است که یک باند یکسان برای کاربرها وجود دارد اما در زمان های مختلف هر کاربر می تواند از این باند استفاده کند. به اصطلاح این روش را دسترسی چندگانه ی تقسیم شده ی زمانی ، TDMA ، می نامند. در این روش هر فرستنده-گیرنده برای یک بازه ی کوچک زمانی(T_{sl}) فعال می شود شکل (۱-۶) به خوبی این امر را نشان می دهد.



شکل ۱-۶: TDMA

اکنون بعد از معرفی مختصر چند روش دسترسی به بحث اصلی خود یعنی معرفی کردن استانداردها می پردازیم. برای آشنایی بیشتر با روش های دسترسی و به طور کلی سیستم های مخابراتی می توانید به کتاب RF دکتر بهزاد رضوی[3] رجوع کنید.

[1] Time Division Multiple Access