

پیاده سازی بهینه مودم نرم افزاری GMSK توسط پردازشگر سیگنال دیجیتال برای فرستنده-گیرنده های GSM

هادی کاوه¹ - فرید علی دوست اقدم²

باشگاه پژوهشگران جوان شعبه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران¹

باشگاه پژوهشگران جوان شعبه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز²

Hadi.kaveh86@gmail.com¹

Farid.alidoost@gmail.com²

چکیده - در این تحقیق طراحی نرم افزاری یک مودم GMSK توسط پردازشگر سیگنال دیجیتال نوع ADSP-2181 مورد بررسی قرار می گیرد. در بخش اول و دوم مقاله نحوه عملکرد مدولاسیون GMSK، روابط حاکم و بلوک دیاگرام مدولاتور و دمدولاتور های مورد نیاز ارائه می شود. در بخش سوم مقاله، نحوه ی پیاده سازی مدولاسیون GMSK توسط پردازشگر سیگنال دیجیتال بررسی شده و نتایج مربوط به طراحی مودم نرم افزاری و روش پیاده سازی آن که بر مبنای مشاهدات تجربی استفاده از ساختارهای DSP استوار است و به منظور بهینه سازی فرستنده-گیرنده های GSM که در باند فرکانسی میانی کار می کنند، بیان شده است. نتایج تجربی این طراحی در بخش چهارم مقاله مورد بررسی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: GMSK, GSM, DSP, BPF, PLL

1- مقدمه :

می باشد که در پردازشگر باند پایه به منظور افزایش بازده طیفی سیگنال مدوله شده انجام می شود. پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر گوسی توسط رابطه ی (1) بیان می شود:

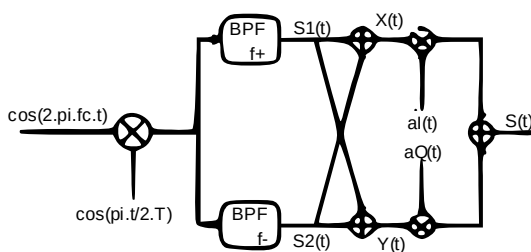
$$h(t) = \frac{KB}{\sqrt{\pi}} \exp(-k^2 B t^2) \quad \text{رابطه (1)}$$

که $k = \frac{\pi}{\sqrt{2 \ln 2}}$ و B بر اساس نصف توان پهنای بارز می باشد که $BT=0.3$ ، سیگنال مدوله شده MSK توسط رابطه ی (2) بیان می شود:

رابطه (2):

$$s(t) = a_I(t) \cos(2\pi f_c t) \cos\left(\frac{t}{2T}\right) + a_Q(t) \sin(2\pi f_c t) \sin\left(\frac{t}{2T}\right) = a_I(t)X(t) + a_Q(t)Y(t)$$

که f_c فرکانس حامل و T طول دوام بیت می باشد. بر اساس روابط (1) و (2) و هم چنین توصیفات بیان شده، ساختار این مدولاسیون را می توان به صورت شکل (1) نمایش داد.

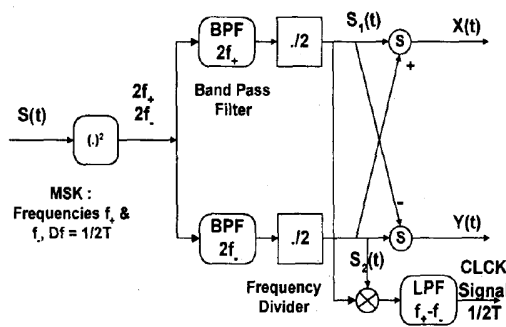


شکل 1- بلوک دیاگرام مدولاسیون MSK

با توسعه سیستم های مخابراتی موبایل و مودم های GSM، استفاده از پردازشگرهای سیگنال دیجیتال (DSP) در ارتباطات افزایش یافته است. در سال های اخیر مفهوم جدید رادیوی نرم افزاری بیشتر مورد توجه قرار می گیرد. این مفهوم هدف اولیه ی جایگزینی مدارات آنالوگ در فرستنده-گیرنده ها با وسیله های قابل برنامه ریزی را دنبال می کند. [1],[2],[3],[4],[5] هزینه، اندازه و صرفه جویی در توان مصرفی در پایانه های نهایی از معیارهای بهینه سازی در مدارات می باشد که در قسمت طراحی توجه ویژه ای به این معیارها شده است. طراحی بر اساس مدارهای منطقی برنامه پذیر، مستلزم انتخاب نمونه ی مناسب پردازشگر و در نهایت برنامه ریزی آن بر اساس الگوریتم نمونه می باشد. زبان برنامه نویسی C ویژگی های منحصر به فردی را به همراه دارد ولی کد بهینه تولید نمی کند، در واقع ایجاد کد بهینه بسیار پیچیده است. [6]

2- معرفی مودم GMSK :

GMSK جزو مدولاسیون های دیجیتالی فرکانس محسوب می شود. [2],[3],[7] در واقع یک روش مدولاسیون MSK با یک پیش مدولاسیون با فیلتر پایین گذر گوسی



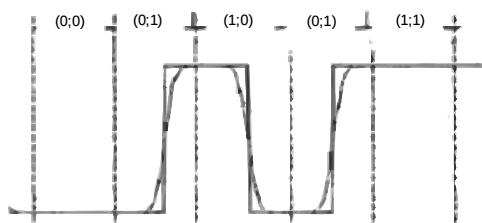
شکل 3- بلوک دیاگرام همزمان سازی برای MSK

3- بهینه کردن نرم افزار

نرم افزار مودم GMSK پیشنهاد شده ، برای DSP 16 بیتی طراحی شده است. نرم افزار نوشته شده نه تنها برای GMSK بلکه برای مدیریت مخابراتی ورودی و خروجی کاربرد دارد. DSP یک پردازشگر است. بر این اساس برنامه ی نوشته شده برای DSP در چند مرحله نوشته شده است که مراحل مختلف آن در بخش های بعدی بیان می شود.

3-1- الگوریتم بهینه سازی

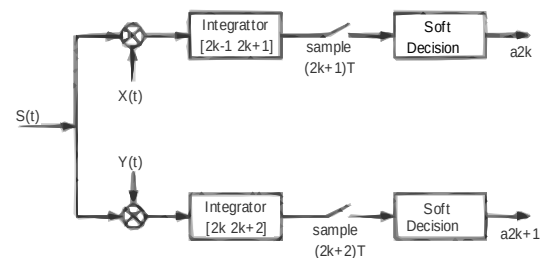
این سطح از طراحی بهینه ، بوسیله ی ساده سازی الگوریتم مودم GMSK ، برای کاهش زمان پردازش و حجم حافظه مورد استفاده پیاده سازی می شود. برای فیلتر گوسی ، زیر روال طراحی فیلتر نیازمند ساختار چند گانه ی پردازشی برای محاسبات طولانی می باشد. برای ساختارهای زمانی در این مقاله یک کد ساختاری بر مبنای روش پیشگویی ، پیشنهاد شده است که در شکل 4 نشان داده شده است. آنالیز و بررسی این سیگنال فیلتر شده ، منجر به تعریف چهار نوع حالت باینری به صورت (1,0) ، (0,1) ، (0,0) و (1,1) شده است. بنابراین ما الگوریتم فیلترینگ را بر اساس این چهار حالت تعریف شده بیان می کنیم.



شکل 4- حالات گذر ممکن برای فیلتر گوسی

برای مدولاسیون MSK در این مقاله گام های ارزش دهی اولیه بر اساس توابع $x(t)$ ، $y(t)$ پیشنهاد شده است. جداول

بلوک دیاگرام یک گیرنده MSK در شکل (2) نشان داده شده است. سیگنال رسیده در مولفه در فاز $x(t)$ و مولفه متعامد $y(t)$ حامل ضرب می شود. همانطوریکه در شکل دیده می شود، گیرنده نسبت به ISI بهینه می باشد. در مدوله کردن ، سیگنال دریافتی در مولفه فاز $x(t)$ و مولفه متعامد $y(t)$ حامل ضرب می شود. همانطوریکه در شکل دیده می شود، گیرنده نسبت به ISI بهینه می باشد.

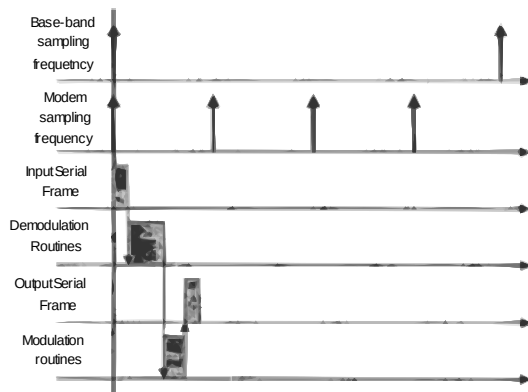


شکل 2- بلوک دیاگرام دمدولاسیون MSK

مدوله کردن سیگنال رسیده نیاز به حامل انتشار دارد. به عبارت دیگر شکل موج های منبع $X(t)$ و $Y(t)$ و همچنین پالس ساعت سیگنال می بایست از $S(t)$ دریافتی ، استخراج شود. گرچه سیگنال MSK ی $s(t)$ مولفه های جدایی برای همزمان سازی ندارد ، ولی مولفه های طیفی گسسته قوی در $2f_c^+$ و $2f_c^-$ ایجاد می کند. این کار به این صورت انجام می گیرد که ضریب مدولاسیون را دو برابر کرده و سیگنال fsk را با $\Delta f = \frac{1}{T}$ تولید می کند. استخراج مولفه های توسط فیلترهای میانگذر با محدوده باند موثر $[2f_c^+ - 6F_c, -2f_c - 2F_c]$ ، $[2f_c^+ + 2F_c, 2f_c^+ + 6F_c]$ ، انجام می گیرد که F_c فرکانس نمونه برداری می باشد. در عمل می توان از PLL ها استفاده نمود. [6] پس از استخراج مولفه های طیفی، با استفاده از مدارهای مقسم فرکانس ، سیگنال های خروجی $S_2(t)$ ، $S_1(t)$ به دست می آیند. سپس ترکیب سیگنال های خروجی اطلاعات مورد نیاز ما را در اختیار ما قرار می دهند. بلوک دیاگرام چنین سیستمی در شکل (3) نشان داده شده است.

3-3- بررسی زمانی مودم دو طرفه:

برای پشتیبانی مناسب و بهینه پردازش های محاسباتی در انتقالات دو طرفه بر اساس ساختار پردازشگر و سیستم مدیریتی وقفه ها، برنامه ی نوشته شده بر اساس مد برنامه نویسی همزمانی طراحی گردیده است که در شکل (6) نشان داده شده است.



شکل 6- زمان سنجی همزمان سازی مودم GMSK

3-4- انتخاب نمایشی دیجیتالی:

این سطح از بهینه سازی شامل انتخاب مناسب فرمت دیجیتالی برای ورودی - خروجی و حامل های سیگنالها و تفکیک پذیری نمونه برداری حامل های سینوسی و همچنین فیلترها می باشد. انتخاب بهینه برای این چنین پارامترهایی پس از بررسی نتایج شبیه سازی و همچنین بر اساس پارامترهای ارتباطی و پیچیدگی نرم افزاری انجام شده است. پس از بررسی نتایج شبیه سازی و همچنین بر اساس ویژگی هایش برای مدولاسیون GMSK مورد استفاده قرار گرفته اند. بر اساس نتایج بررسی ها، مودم GMSK با پردازشگر DSP، 16 بیتی (ADSP2181) انتخاب گردید. تاثیر انتخاب پردازشگر DSP برنامه ریزی شده توسط نتایج تجربی بدست آمده در قسمت بعد قابل بیان خواهد بود.

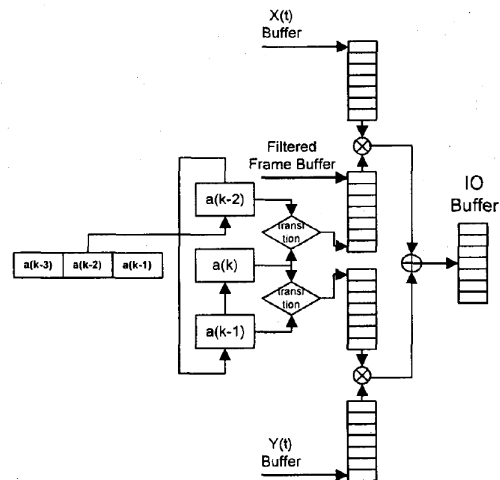
4- نتایج تجربی:

برنامه مودم GMSK بر روی قطعه ی ADSP-2181 که یک پردازشگر 33MIPS می باشد اجرا گردیده است. نتایج تجربی حاصل از اجرای برنامه توسط شکل 8 مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (7) و شکل (8)، سیگنال های مهم

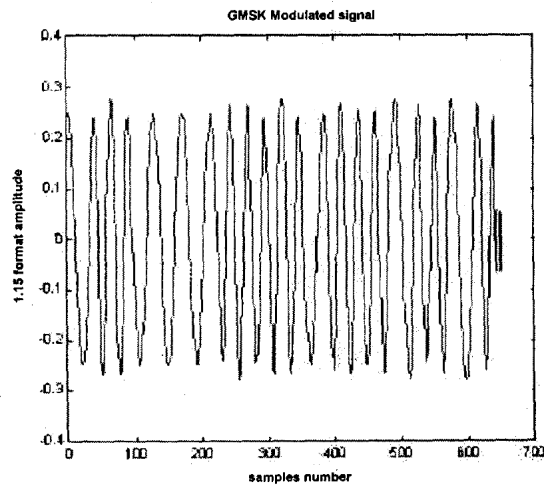
محاسبه شده برای یک دوره تناوب، در فایل های داده ذخیره می شوند و توسط DSP مورد استفاده قرار می گیرند. بعد از مقدار دهی اولیه الگوریتم، مدولاسیون با پردازش 32 نمونه برای هر دو داده a_k ، a_{k-1} شروع می شود. روال دمدولاسیون GMSK به صورت تصمیم گیری 65 نمونه 2 بیتی یا 32 نمونه 1 بیتی انجام می گیرد. برای پیاده سازی دمدولاسیون، جداول $y(t)$ ، $x(t)$ بدست آمده از الگوریتم همزمان سازی که برای استخراج فرکانس در انتشار لازم است، استفاده می شود.

3-2- برنامه نویسی بهینه

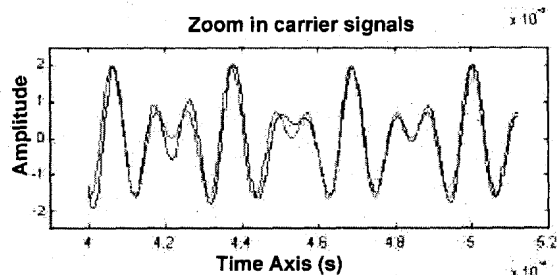
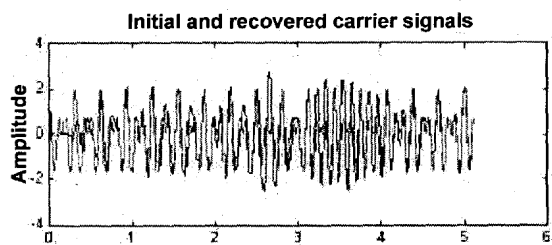
برای اجرای ملزومات مخابرات بی سیم با وسایل کم هزینه، پردازشگر سیگنال دیجیتال پیشنهاد می گردد. برای افزایش کارایی پردازشگر می بایست از ویژگی هایی نظیر پردازش پایپ لاینی و ... استفاده کرد. با در نظر گرفتن الگوریتم بهینه سازی فلوچارت مدولاسیون و پردازشی مدولاسیون GMSK به صورت شکل (5) خواهد بود. همانطور که مشاهده می شود، توسط این نمایش، اعمال محاسباتی و پردازشی مدولاسیون GMSK در واحدهای مختلف DSP اختصاص داده شدند. آدرس دهی بافرها و حافظه ها به صورت غیرمستقیم با استفاده از مولدهای DAG انجام شده است. دلیل این گونه آدرس دهی برای این منظور است که در یک سیکل کاری چندین عمل مدولاتور GMSK انجام شود. این روش در الگوریتم به روتین دمدولاسیون و افزایش تعداد عمل های موازی مورد استفاده قرار گرفت.



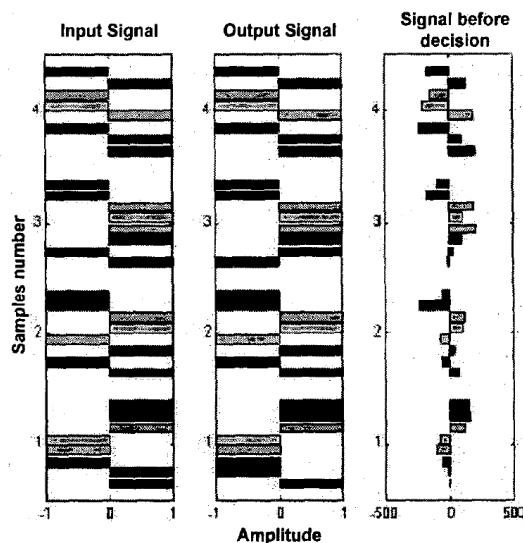
شکل 5- فلوچارت مدولاسیون GMSK



شکل 9- سیگنال مدوله شده GMSK

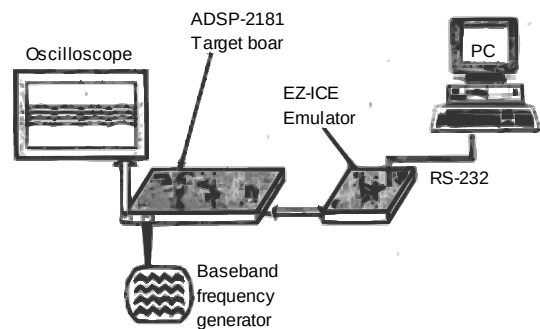


شکل 10- سیگنال حامل باز سازی شده

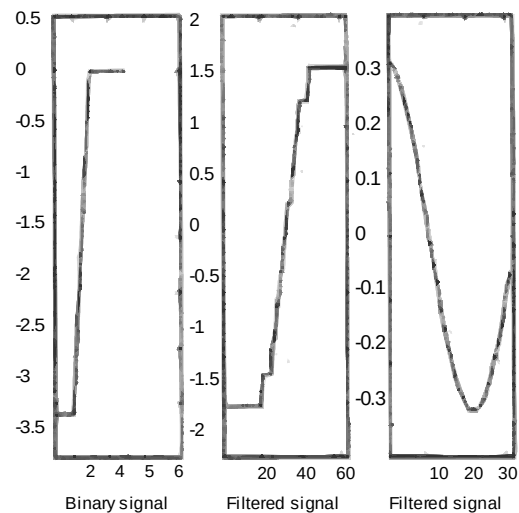


شکل 11- قالب رسیده وانتشار یافته باینری

مودم GMSK را در حوزه زمان نشان می دهد. شکل (9) نشان دهنده ی تعدادی از حامل های انتشار یافته و همچنین حامل بازیابی شده برای دمدولاسیون بوده و همچنین تاثیر روش همزمان سازی را به خوبی نشان می دهد. شکل (10) بهبود سیگنال باینری بدون خطا را نشان می دهد. بنابراین بررسی تکنیک های بهینه سازی گفته شده در مقاله ی مورد بررسی زمان اجرای روتین اجرای نرم افزاری هر مودم برای دو بیت به صورت تقارن اندازه گیری شد.



شکل 7- راه اندازی تجربی



شکل 8- سیگنال های مدولاتور GMSK

- [4]: R. Baines, "the DSP Bottleneck", IEEE Commun. Mag., May 1995, pp. 46-54
- [5]: H. Tsurumi & Y. Suzuki, "Broadband RF Stage Architecture for Software-defined Radio in Handheld Terminal Applications", IEEE Comm. Mag., n°2, February 1999, pp. 90-95
- [6]: T. Turetti & D. Tennenhouse, "Complexity of a Software GSM Base Station", IEEE Comm. Mag. n°2, February 1999, pp. 113-117
- [7]: S. Pasupathy, "Minimum Shift Keying: A spectrally efficient Modulation", IEEE Commun. Mag., July 1979, pp. 14-22
- [8]: R. REGGIANNINI, "Coherent Reception of Generalized MSK over Rayleigh Flat-Fading Channels", IEEE Trans. On Comm., Vol.42, No.2/3/4, Feb./Mar./Apr. 1994
- [9]: N. Youssef, A. Ghazal, S. Tabbane, M. Zhili, "Software Development for DSP Implementation of GMSK Modulation for GSM Transceiver", IEEE AFRICON Conference, Cap-Town, Sep.-Oct. 1999
- [10]: ADSP-2100 Family User Manual, Third Edition, Analog Devices Inc., September 1995.

نتایج بدست آمده جدول شماره 1 جمع آوری شده است. هدف از این محاسبات برای این می باشد که پردازشگری را با سرعتی بالاتر که بتواند تمامی محاسبات مودم GMSK را با استفاده از تنها یک فرکانس کاری انجام دهد، انتخاب کرده در این پروژه که در مقاله بیان شده است، با انتخاب پردازشگر ADSP-2181 با فرکانس کاری 33MHz به دنبال فرکانس نمونه برداری بهینه می باشند.

جدول 1- محاسبه زمان اجرا

روتین	سیکل کاری
مدولاسیون GMSK	6
قالب سریال خروجی	3
قالب سریال ورودی	3
دمدولاسیون GMSK	15
تعداد کل سیکل های کاری	27

با استفاده از رابطه ی (3) زمان اجرایی در حدود 0.8ms به دست می آید:
رابطه (3):

$$T_{\text{exe}} = T_{\text{mcycle}} * N_{\text{mcycle}} = \frac{1}{F_{\text{clk}}} * N_{\text{mcycle}}$$

بنابراین فرکانس نمونه برداری 1MHz برای محاسبات مودم دو طرفه به خوبی بدست می آید.

5- نتیجه گیری:

در این مقاله نرم افزاری بهینه برای مودم GMSK بررسی DSP تشریح شد. سپس برنامه بر مبنای DSP در چهار مرحله طراحی شد. ابتدا با بررسی توابع ارتباطاتی الگوریتم بهینه سازی برنامه ی مورد استفاده پردازشگر تشریح گردید. سپس بیان گردید که جهت بالا بردن سرعت پردازش و همچنین بهینه کردن عملکرد DSP نیاز به استفاده از فن آوری هایی از قبیل پردازش موازی پردازشگر خواهد بود. در مرحله سوم مد زمانی همزمان سازی برای مودم دو طرفه بیان گردید.

(6) منابع

- [1]: J. Mitola, "the Software radio architecture", IEEE Commun. Mag., May 1995, pp. 26-38
- [2]: F. Xiong, "Digital Modulation techniques", ARTECH HOUSE. INC, 2000
- [3]: G. Smillie, "Analog and Digital Communication Techniques", Newnes, 2002