

به نام حق

PARALLEL POWER LINE COMMUNICATION DESIGNING (Parallel PLC Designing)

رضا شعبانی

r_shabani110@yahoo.com

دانشگاه شیراز

چکیده:

در این تحقیق هدف طراحی و ساخت سیستمی است که توسط روش FSK¹ بتواند داده های خوانده شده توسط کنتور و یا دیگر دستگاه های اندازه گیری در سمت مشترک برق شهری (از جمله کنتور آب، کنتور گاز و ...) را از طریق خطوط فشار ضعیف و با فشار متوسط برق شهر به پست توزیع برق منطقه مربوطه انتقال دهد. روش انتقال اطلاعات برای هر مشترک، به صورت سریال و جمع آوری اطلاعات برای کل مشترکین به صورت موازی بوده و از دو قسمت فرستنده و گیرنده در هر دو طرف (سمت مشترک و سمت پست توزیع) تشکیل شده است؛ و شامل یک شبکه متشکل از یک سرویس دهنده² و تعدادی مشترک می شود و مزیت آن بر پروژه های شبیه به آن، حالت شبکه ای و همچنین عملکرد موازی آن در جهت افزایش سرعت تبادل داده بین مشترکین و سرویس دهنده می باشد.

واژگان کلیدی:

FSK, Power Line Communication, CDMA, SERVER, kbps

1- مقدمه:

همچنان که می دانیم PLC³ یک کانال انتقال اطلاعات از طریق خطوط قدرت می باشد. برای چند سال، PLC کانال مجزایی از نظر مخابراتی بود و قبل از آن تلاشها بر این بود تا از این کانالها در مورد وسایل اندازه گیری اتوماتیک استفاده کنند تا بتوانند هزینه بهره برداری را کاهش دهند، بنابراین از دهه 1990 تلاشهایی برای ارائه پهنای باند مناسب جهت انتقال اطلاعات روی شبکه خطوط برق به خانه ها آغاز شد (رجوع شود به [1]). در ژوئن سال 1954 مقاله ای در نشریات کمیته AIEE⁴ منتشر شد که نشان دهنده کاربرد PLC در کانالهای ارتباطی بوده است. تا آن زمان بازبینی بر روی نحوه عملکرد PLC انجام نشده بود و اساسی ترین تغییرات در مورد قطعات در دسترس و شیوه های مورد استفاده در آن بود. کاربرد PLC برای هدفهایی همچون ارتباطات صدا، محافظت از

¹ Frequency shift keing

² server

³ Power Line Communication

⁴ American Institute Electrical Engineers

رله ها، نظارت بر عملکرد سیستم، و غیره در خطوط قدرت با ولتاژ زیاد می باشد که حتی آن زمان نیز، فقط محدود به آمریکای شمالی نمی بود (رجوع شود به [2]).

کاربردهای PLC: اتوماسیون ساختمان، دستگاههای اتوماتیک، کنترل دستگاههای گرمایشی و سرمایشی، کنترل و مونیتورینگ حالتها، کنترل روشنایی، شبکه ارتباطی دادهها با سرعت پایین و ... (رجوع شود به [3]).

در این مقاله در مورد طراحی نوعی PLC بحث می شود، که بتواند در خطوط فشار ضعیف و متوسط به ارسال و دریافت اطلاعات به صورت موازی از کنتور برق مشترکین بپردازد. در قسمت 2 در مورد روش طراحی مدار مذکور توضیحاتی داده خواهد شد و در قسمت 3 نیز در مورد عملکرد مدار طراحی شده بحث خواهد شد و در قسمت 4 نیز پیشنهاداتی برای بهبود عملکرد آن داده خواهد شد.

2- روش طراحی:

در این طراحی، اساس کار بر روش انتقال اطلاعات به وسیله مودم گذارده شده؛ و با تغییراتی در روش جمع آوری اطلاعات و بسط دادن این حالت برای تعداد زیادی مشترک، که از یک خط فشار ضعیف برق تغذیه می شوند، وبا استفاده از روش⁵ CDMA پیاده سازی می شود.

بنابراین در ابتدا می بایست اطلاعات از کنتور مشترک به صورت داده های دیجیتال به سیستم مربوطه داده شود و سپس با انجام مراحل داده دیجیتال به صورت آنالوگ به خط فشار ضعیف وارد شود. در سمت پست توزیع برق داده ها به صورت آنالوگ دریافت شده و سپس با تبدیل این داده ها به اطلاعات دیجیتال پردازش مربوطه بر روی آن صورت می گیرد. طراحی شامل دو قسمت است :

1- شبکه (نرم افزار) 2- سخت افزار

2-1- شبکه:

در این قسمت فرض را بر ارسال داده از سمت مشترک برق شهری به سمت پست توزیع برق در نظر گرفته و یک شبکه فرضی محلی متشکل از N عدد مشترک در منطقه A، که تعداد $\frac{N}{2}$ در کانال اول و تعداد $\frac{N}{2}$ در کانال دوم موجود می باشند، و یک سرویس دهنده را در سمت پست توزیع که در هر دو کانال ارتباطی فعالیت دارد را برای ارسال داده های دیجیتال در نظر می گیریم. (شکل 1)

فرض کنیم که پردازشگر موجود در پست توزیع برق در خواست انتقال داده های کنتور مشترکین موجود در منطقه A را بکند. بنابراین دو عدد کد مربوط به دو مشترک منطقه مذکور را با عملیات خاصی وارد دو کانال مجزا در خط قدرت⁶ کرده (که این داده دیجیتال برای عبور از خط قدرت به داده آنالوگ تبدیل شده و در سمت مشترک دوباره به داده دیجیتال تبدیل می شود که در قسمتهای بعدی در مورد تبدیلات آن صحبت خواهد شد) و برای مدت زمان Δt_1 ثانیه منتظر پیغام از سمت دو مشترک می شود، که در صورت وجود و عدم خرابی پردازشگر مربوط به هر مشترک مورد نظر، پیغامی مبنی بر آمادگی برای ارسال داده از سمت پردازشگر مشترک⁷ به سمت پردازشگر پست برق ارسال می گردد؛ در غیر این صورت سرویس دهنده پس از گذشت مدت زمان تعریف شده ای، با یک عملیات خاص که برای تمام پردازشگرهای درون کانال مربوطه تعریف شده است، اقدام به بارگذاری همان کانال خاص با کد مشترک بعدی می کند.

⁵ Code division multiplexing access

⁶ power

⁷ Customer's processor

این عملیات خاص می تواند، ارسال علائم خاص همراه با کد مشترک باشد (کد مشترک معادل با IP در شبکه های کامپیوتری است). در اینجا بحث را در مورد کانال اول محدود کرده و سپس آن را به کانال دوم بسط می دهیم. در این لحظه، سرویس دهنده پس از دریافت اعلام موجودیت از پردازشگر مشترک (مشترک موجود در کانال اول)، برای مدت زمان Δt_2 ثانیه منتظر دریافت داده ها از سمت مشترک می شود.

به دنبال در خواست سرویس دهنده، پردازشگر مشترک (موجود در کانال اول) داده دیجیتال را از کنترل خواننده و از طریق پورت سریال خود به سیستم تبدیل کننده داده دیجیتال به آنالوگ (D/A) می فرستد که خروجی این سیستم سیگنالی به صورت آنالوگ است که وارد خط قدرت شده و در سمت پست توزیع توسط سیستم مشابه، داده آنالوگ به داده دیجیتال تبدیل می شود (A/D) و به سرویس دهنده انتقال می یابد. در صورت عدم رعایت وقت معین از سمت مشترک، هر دو پردازشگر (سرویس دهنده و مشترک) ارسال و دریافت داده را لغو کرده و به دنبال آن پردازشگر سرویس دهنده اقدام به ارسال کد مشترک بعدی با همان عملیات خاصی در همان کانال اول (که قبلاً ذکر شد) می کند.

در این حالت با ایراد استانداردهای شبکه های CDMA؛ اطلاعات صحیح از خط قدرت توسط سرویسی دهنده خوانده می شود. در صورت وجود خطا در داده ارسالی از سمت مشترک، سرویس دهنده در خواست ارسال مجدد داده ها را از مشترک کرده و اگر پس از چند در خواست متوالی این خطا تصحیح نگردد؛ سرویس دهنده از دریافت داده، از سمت مشترک مورد نظر صرف نظر کرده و اقدام به فراخوانی داده های مشترک بعدی می کند. پس از اینکه سرویس دهنده از عدم وجود خطا در داده ارسالی از سمت مشترک اطمینان حاصل کرد، همانند حالت قبل با فرستادن کد مربوط به مشترک دوم موجود در کانال اول منطقه A منتظر دریافت اعلام موجودیت آن مشترک

می شود و این عمل برای $\frac{N}{2}$ عضو منطقه که در محیط ارتباطی کانال اول قرار دارند، انجام می شود. در نهایت با ذخیره کردن تمامی داده های مربوط به هر مشترک از کانال اول و اعلام مشکل برای بعضی از مشترکین موجود در این کانال، اپراتور را در جریان کارهای انجام شده قرار می دهد. لازم به ذکر است که پروسسورهای مشترکین زمانی به ارسال داده و یا دریافت دستورات اقدام می کنند که کد آنها از سمت سرویس دهنده در خط قرار گرفته شده باشد. در غیر این صورت از اثر پذیری نسبت به هر گونه داده و یا دستور که مابین سرویس دهنده و مشترک دیگری برقرار است عکس العملی از خود نشان نمی دهند. عملیاتی که توضیح داده شد، نیز در کانال دوم موجود در منطقه A و همزمان با کانال اول صورت می گیرد و به این ترتیب داده ها با عملکرد موازی به سرویس دهنده انتقال می یابند و در نهایت باعث افزایش سرعت قرائت کنتورها در منطقه به دو برابر حد معمول خود می گردند؛ با توجه به محدودیت 400 KHZ پهنای باند مجاز خطوط قدرت در ایران این روش را تا 4 کانال به راحتی می توان افزایش داد.

2-2- سخت افزار:

در این قسمت برای برقراری ارتباط بین دو پردازشگر (پردازشگر سرویس دهنده و پردازشگر مشترک) لازم است که قسمتی برای تبدیل داده های دیجیتال به آنالوگ وجود داشته باشد تا داده ها بتوانند از یک سمت (مشترک یا سرویس دهنده) به سمت دیگر (سرویس دهنده یا مشترک) و برای فواصل دور ارسال شوند. در این قسمت از حالت ASK MODULATION استفاده شده که تا حدود زیادی مصونیت زیادی در برابر نویزهای محیطی دارد. نتایج شبیه سازی در این قسمت با سرعتی در حدود 76.2 kbps انجام گرفته که بخوبی نظریه مربوطه را تصدیق می کند. شبیه سازی برای سرعت 100 kbps نیز بسیار رضایت بخش می باشد. این شبیه سازی شامل یک فرستنده (مشترک) و یک گیرنده (سرویس دهنده) همراه با ترانسفورماتور موجود بین دو ترمینال می باشد. در اینجا برای تحلیل بهتر اساس را بر ارسال داده (دیجیتال) از طرف پردازشگر مشترک به طرف پردازشگر

سرویس دهنده گرفته (پردازشگر مشترک = فرستنده و پردازشگر سرویس دهنده = گیرنده) و در نهایت آن (حالت فرستندگی و حالت گیرندگی) را به هر دو طرف ارجاع می دهیم. (شکل 2)

2-2-1- فرستنده :

در این قسمت برای شبیه سازی حالت ASK MODULATION، از یک ورودی به عنوان خروجی پورت سریال⁸ پردازشگر مشترک موجود در کانال اول استفاده شده که داده های دیجیتال را تولید می کند؛ این ورودی به یک سوئیچ اتصال پیدا می کند. در ورودی سوئیچ سیگنال F_1 وجود دارد. اگر خروجی پورت سریال، 1 منطقی (دیجیتال) شود سوئیچ مربوطه، F_1 را به خروجی خود انتقال داده و در صورت 0 منطقی (دیجیتال) شدن، پورت سریال سوئیچ قطع می شود؛ به عبارتی، معادل با داده 0 منطقی (دیجیتال) فرکانسی با مقدار صفر (F_2) را در نظر می گیرد. در صورت استفاده از FSK MODULATION فرکانس اختصاص داده شده به 0 منطقی، مقداری غیر صفر خواهد داشت ($F_2 \neq 0$). لازم به ذکر است که در مدار طراحی شده برای کاهش حجم مدار از LM555 به عنوان تولید کننده موج مربعی با فرکانس دلخواه استفاده شده است،

$$A \left[\cos(w_c t) - \frac{1}{3} \cos(3w_c t) + \frac{1}{5} \cos(5w_c t) - \dots \right] \quad (1)$$

که بوسیله فیلتری، فرکانس سینوسی مورد نیاز (F_1) را با ضریب خاص فیلتر می کند؛ این سیگنال در خروجی سوئیچ، پس از کمی تقویت و ایزولاسیون کامل از برق شهری فشار ضعیف، وارد خط قدرت می شود. این سیگنال پس از رسیدن به ترانسفورماتور و دورزدن آن و پس از تقویت مجدد (توسط یک تقویت کننده)، روانه پست توزیع برق می شوند. همین طراحی برای مشترک موجود در کانال دوم نیز انجام می شود اما با اختصاص دادن فرکانس F_3 که همانند مشترک موجود در کانال 1، معادل یک منطقی می باشد، و F_4 برای صفر منطقی. (شکل 3)

لازم به ذکر است که این قسمت از طراحی در سمت سرویس دهنده؛ بین مشترک و پردازشگر سرویس دهنده نیز وجود دارد که به علت تحلیل ساده تر مدار گیرنده و فرستنده (در اینجا) از طراحی آن در سمت سرویس دهنده خودداری شده است.

2-2-2- گیرنده:

در پست توزیع برق سیگنالها با ایزولاسیون کامل از خط قدرت فشار متوسط وارد مدار گیرنده می شوند و پس از مراحل تقویت وارد 2 عدد شبکه فیلتری جداگانه (مربوط به 2 کانال مورد بحث) شده و در نهایت در خروجی شبکه فیلتری پس از یک سری عملیات یکسوسازی به صورت داده دیجیتال، همانند داده ورودی در سمت مشترک، به صورت موازی به پردازشگر مشترک تحویل داده می شوند تا عملیات پردازشی⁹ بر روی آنها انجام گیرد. در این قسمت از فیلتر با درجه 5 و همچنین از ACTIVE FILTER درجه 2 برای تقویت و از بین بردن احتمال ورود نویز به داخل طبقه مورد نظر استفاده شده است. در انتها، سیگنالهای خروجی طبقه فیلتری، پس از یکسوسازی در طبقه یکسوساز؛ از یک مقایسه کننده برای مقایسه داده وردی با نویز احتمالی موجود در خروجی طبقه یکسو ساز، عبور کرده و اطلاعاتی همانند اطلاعات (داده دیجیتال) ورودی مدار فرستنده در سمت مشترک برق را تولید می کند و به پردازشگر موجود، در سمت پست توزیع برق تحویل می دهد؛ همچنان که دیده می شود در یکی از دو ورودی مقایسه کننده سیگنال یکسو شده وجود دارد و در ورودی دیگر آن VOLTAGE REFERENCE وجود دارد (شکل 4).

⁸ Com port

⁹ Processing function

(VOLTAGE REFERENCE) مقدار ولتاژی است که از حداقل ولتاژ DC حاصل از سیگنال اطلاعات کمتر و از مقدار ولتاژ نویز روی خط انتقال بیشتر باشد). لازم به ذکر است که به علت تحلیل ساده تر مدار گیرنده و فرستنده، از طراحی قسمت گیرنده که در سمت مشترک وجود دارد خودداری شده است.

3- بررسی عملکرد PLC طراحی شده:

فرستنده و گیرنده طراحی شده در بخش قبل در محیط شبیه سازی مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج شبیه سازی همچنان که گفته شد با سرعت 76.2 kbps و اعمال آن به ورودی (شکل 5) انجام شد، علاوه بر این نتایج؛ مدار مورد بحث برای baud rate تا حد 100 kbps نیز نتایج قابل قبولی را عرضه کرد. نتایج شبیه سازی حاکی از آن است که در مدار فرستنده بجز دقت در انتخاب فرکانسهای سینوسی، مشکل خاص دیگری وجود ندارد (شکل 6)؛ ولی در مدار گیرنده، نوع و درجه فیلترهای مورد استفاده در خروجی سیگنال اطلاعات بسیار موثر بوده؛ به طوری که کم دقتی در طراحی فیلتر باعث از بین رفتن کل داده ها خواهد شد، همچنین در انتخاب ولتاژ مرجع (VOLTAGE REFERENCE) دقت خاصی لازم است تا نویزهای ناشی از قطعات مورد استفاده باعث از بین رفتن اطلاعات نشود (شکل 7).

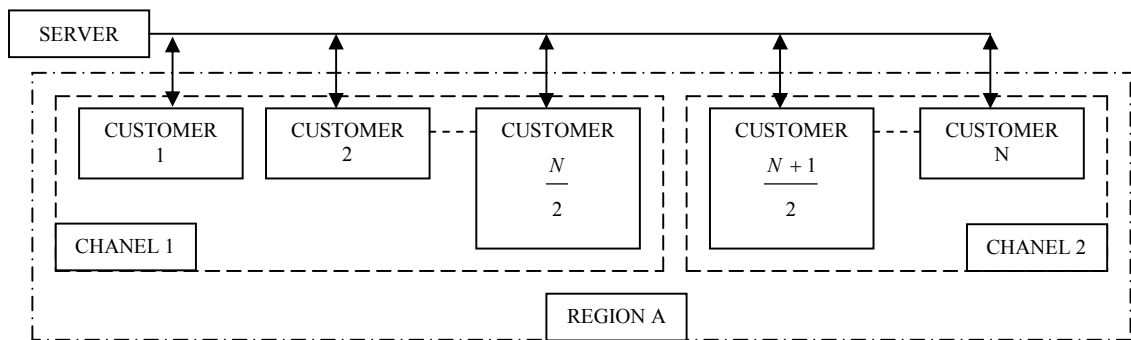
4- نتیجه گیری:

یک روش جهت ارسال اطلاعات از طریق خطوط قدرت ارائه گردید و قابلیت و کارایی آن در مقایسه با روشهای معمول (سریال) مقایسه شد. پیش بینی می شود در روش مزبور، در صورت استفاده کامل از پهنای باند خطوط قدرت، تعداد 4 کانال مخابراتی همزمان و به صورت موازی¹⁰؛ به ارسال و دریافت اطلاعات از سرویس دهنده بپردازند و با این عمل می توان علاوه بر کنترلهای برق، باقی وسایل اندازه گیری در سمت مشترکین را از راه دور کنترل کرد. با مروری بر روی مدار طراحی شده دیده می شود که این SCHEMATIC یک طرح اولیه در زمینه بالا بردن سرعت انتقال اطلاعات و آن هم به صورت موازی؛ در شبکه های مخابراتی کنترل از راه دور خطوط قدرت (PLC) می باشد.

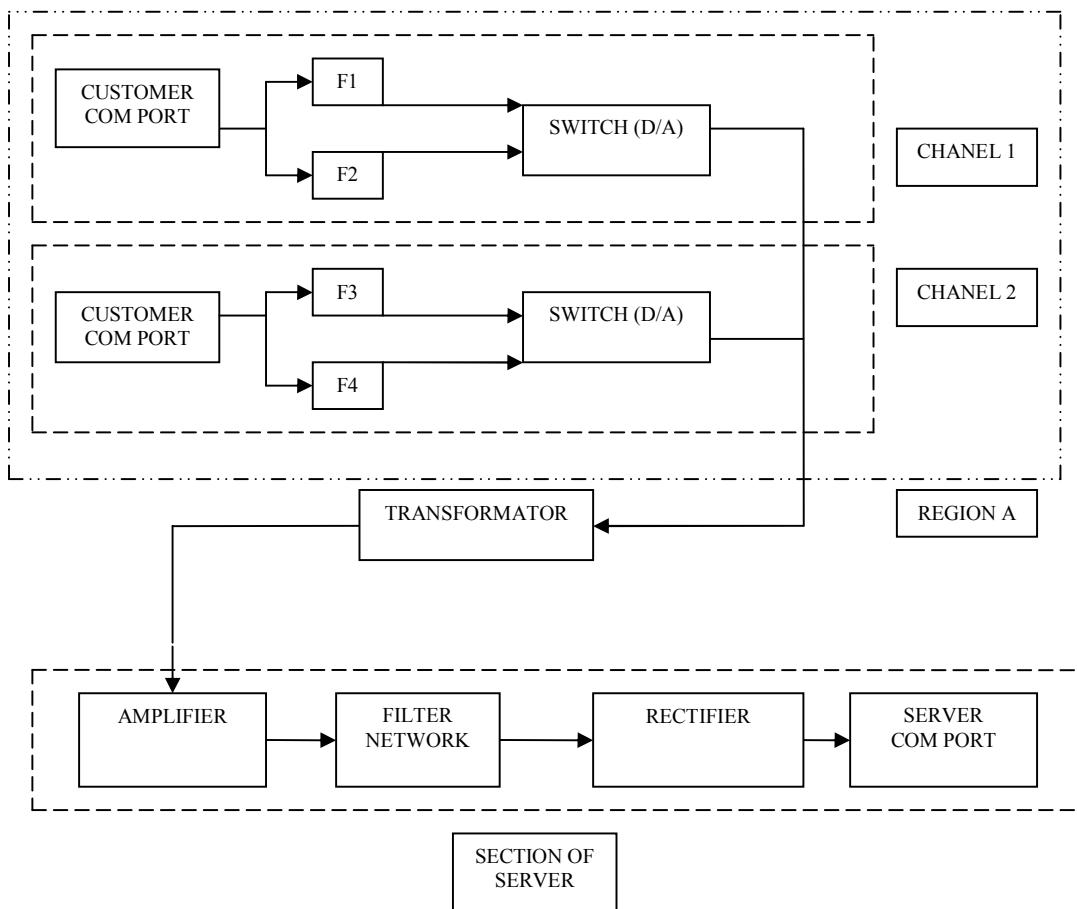
5- مراجع:

- [1] James Snakar, "An Assessment of Power Line Communications for the delivery of broadband network access", UKERNA, ND/ATG/PLC/DOC/001, VOL.1, PP.3, London, July 2004
- [2] Power System Communications Committee of the IEEE Power Engineering Society, "IEEE Guide for Power-Line Carrier Applications", An American National Standard, ANSI/IEEE Std 643-1980,ii,New York,1980
- [3] MHM Rikaz, NR Llanderz, T Shantharahavan, S Jeyagopikrishna, "DESIGNE OF DOMESTIC POWER LINE CARRIER COMMUNICATION", Department of Electrical Engineering, Vol.1, pp.1,Sri Lanka.

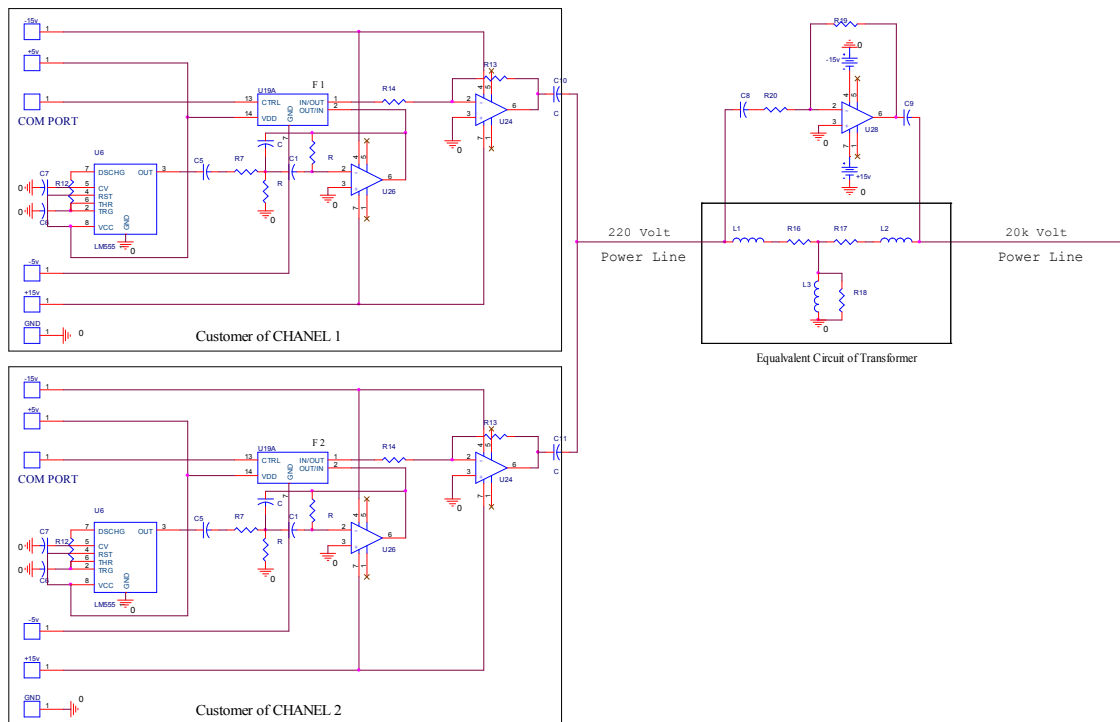
¹⁰ Parallel



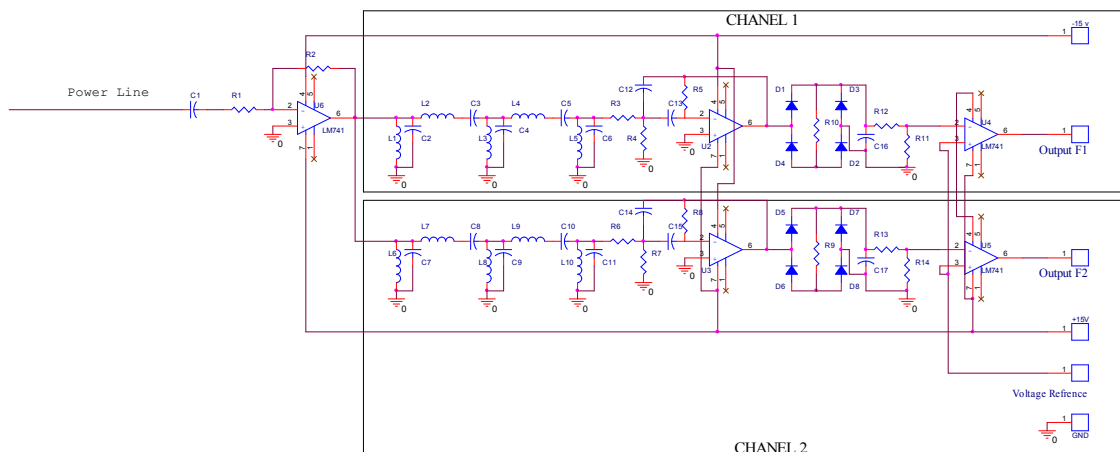
شکل 1 (نحوه قرار گرفتن مشترکین موجود در منطقه A در کانالهای اول و دوم)



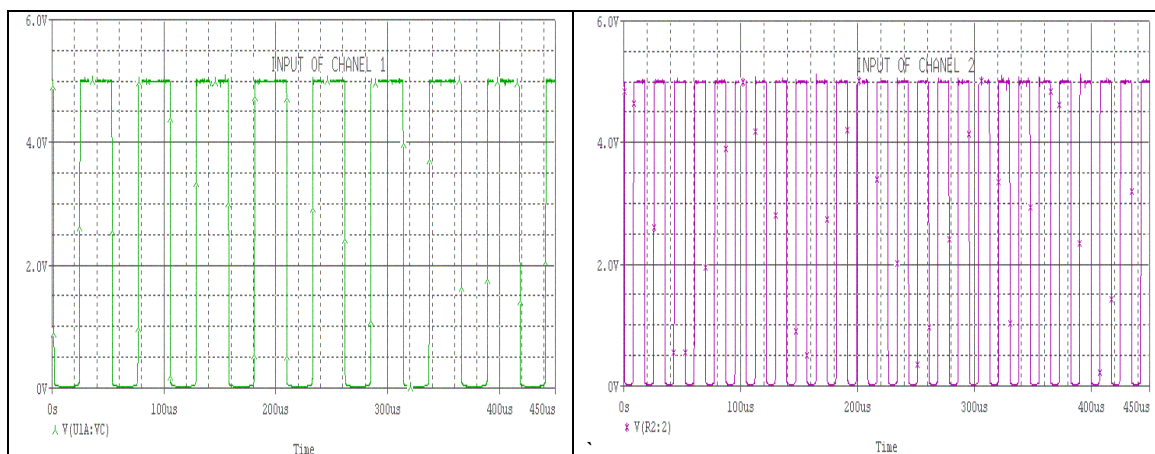
شکل 2 (نحوه ارتباط سخت افزاری SERVER با مشترکین کانالهای اول و دوم موجود در منطقه A)



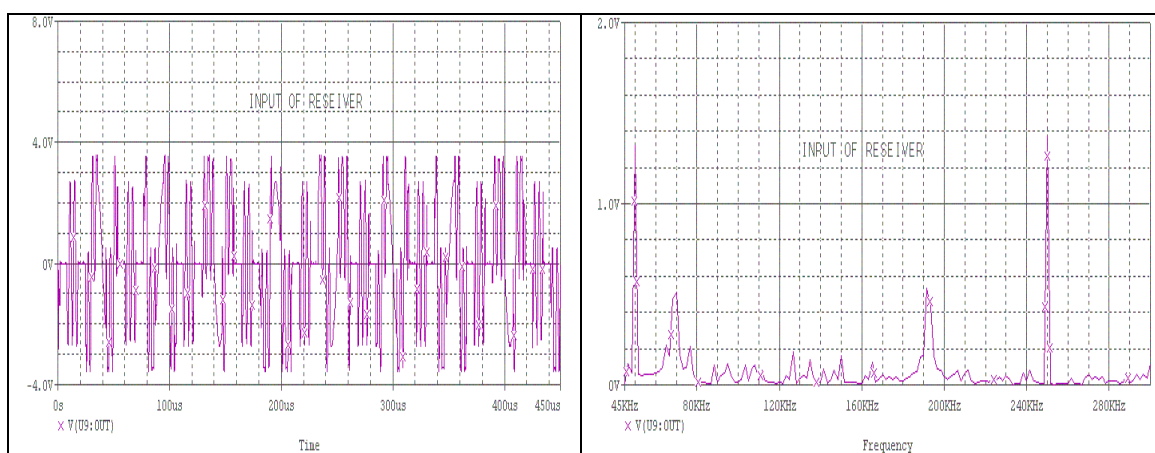
شكل 3 (Transmitter)



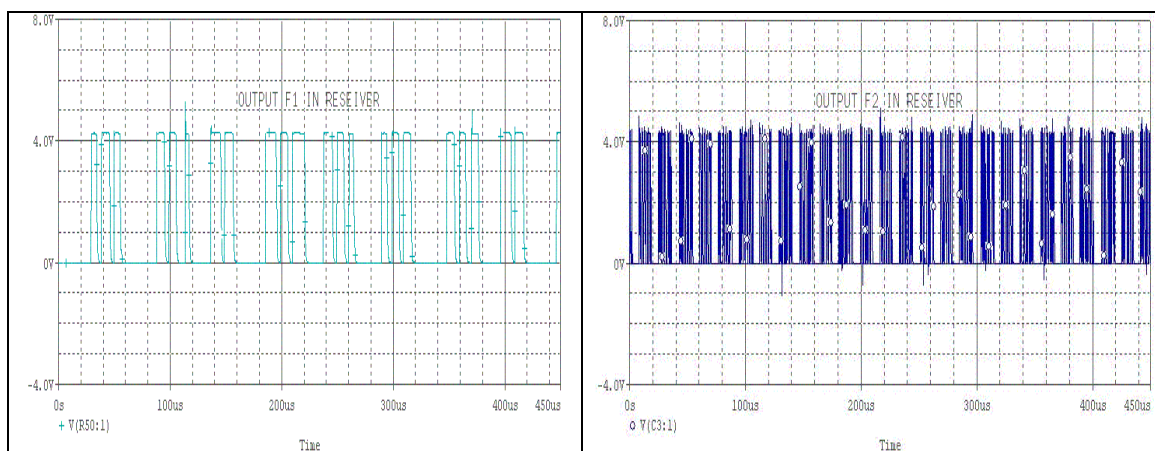
شكل 4 (Receiver)



شکل 5 خروجی پردازشگرهای مشترکین (خروجی COM PORT برای کانالهای 1 و 2)



شکل 6 ورودی مدار گیرنده (خروجی ترانسفورماتورها خروجی مدار فرستنده)



شکل 7 خروجی مدار گیرنده و یا ورودی پردازشگر سرویس دهنده (خروجی F_1 و F_2 برای ورود به پردازشگر سرویس دهنده)