

های



دۀ كل اللی أنا أعرفه حالیا عن المشروع

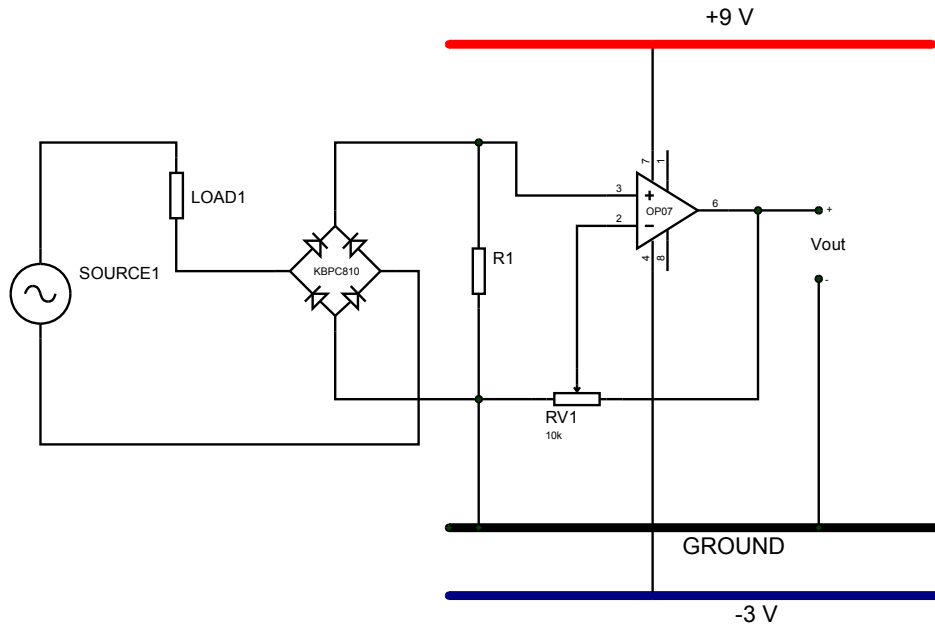
فكرة المشروع مبنية على 3 حجات

1. لازم إننا نعرف الجهاز بیسحب كام أمیر عشان نعرف معدل إستخدام الطاقة خلال الشهر. لازم نعرف الجهاز شغال إمتی و مقفول إمتی و إمتی الإستهلاك بیزید و إمتی الإستهلاك بیكون غیر طبیعی.
 2. بیقی فیہ تحکم ذکی فی الجهاز یتقفل عن بعد, یتفح عن بعد, یقفل تلقائی فی حالة إستهلاك غیر طبیعی.
 3. الـ ESB و دة المیکروکنترولر اللی هیعمل الحسابات کلها و تتحكم فیہ عن طریق الـ WiFi.
- الجزئ اللی أنا شغال علیه هو جزء قرابة التيار و دة كل اللی أنا وصلته فی الجزء دة.

1 قراءة التيار

بص يا سيدي ديه الدائرة الكهربائية اللي أنا كنت بفكر فيها بدل ما تشتري Current Sensor بـ 0.0 جم. ممكن إننا نشيله و نحط حاجة بسيطة رخيصة بحيث إن الدائرة كلها ما تزيدش عن 0.3 جم. دة غير إنك حتى لو حطيت Current Sensor بـ 0.0 جم. لسة هاتحتاج Operational Amplifier عشان تعرف تكبر الفروق الصغيرة اللي يتطلع من الـ Sensor. و فوق كل دة بعض أنواع الـ Current Sensor بيحتاج بتعاير محتاج أنه يتقارن بجهد مبدأى عشان تاخذ منه قريات.

1.1 الدائرة



1: الدائرة

بص يا سيدي:

أولاً الـ LOAD اللي انت شايفه هو الـ SOURCE؛ دول بيمثله أى حاجة شغال (تكيف، عسالة، ماتور، اى حاجة...) و المتوصلة بالفيشة (اللى هى الـ SOURCE طبعاً).

ثانياً الحتة ديه *طريقة* شوية، دة Rectifier شغلته أنه بيوحد إتجاه التيار اللي داخل على المقاومة الـ (0.1Ω)، و **خلي بالك** دة بيوحد التيار اللي داخل للمقاومة بس يعنى التيار و الجهد متغيرين عادى على الأحصا.

ثالثاً هيبينى **حـ** التيار أياً كان إتجاهه على الـ LOAD هايفضل فى نفس الإتجاه على الـ 0.1Ω، و دة عشان الـ OP AMP يقرأ الفولت اللي على المقاومة دايماً فى نفس الإتجاه، الفولت اللي على المقاومة بيبقا صغير و لذلك الـ OP AMP بيكيه بشكل مناسب، ممكن إحنا نستغل دة بقا براحتنا بالتغير فى الـ RV1 بحيث إننا نضبط الفولت بشكل يناسب الأردوينو أو الـ ESB.

رابعاً ماين كل الأنواع بتاعة الـ Operational Amplifier إحنا لازم نختر نوع يتعامل مع الفولت الصغير بطريقة مناسبة. هتلاقى معظم الـ Operational Amplifiers فيهم الـ Offset Voltage¹ حوالى 5-10mV و دة كتير طبعاً. النوع OP07 بقا دة الـ Offset بتاعه بيتقاس الـ μV عشان كدة هو مناسب لينا.

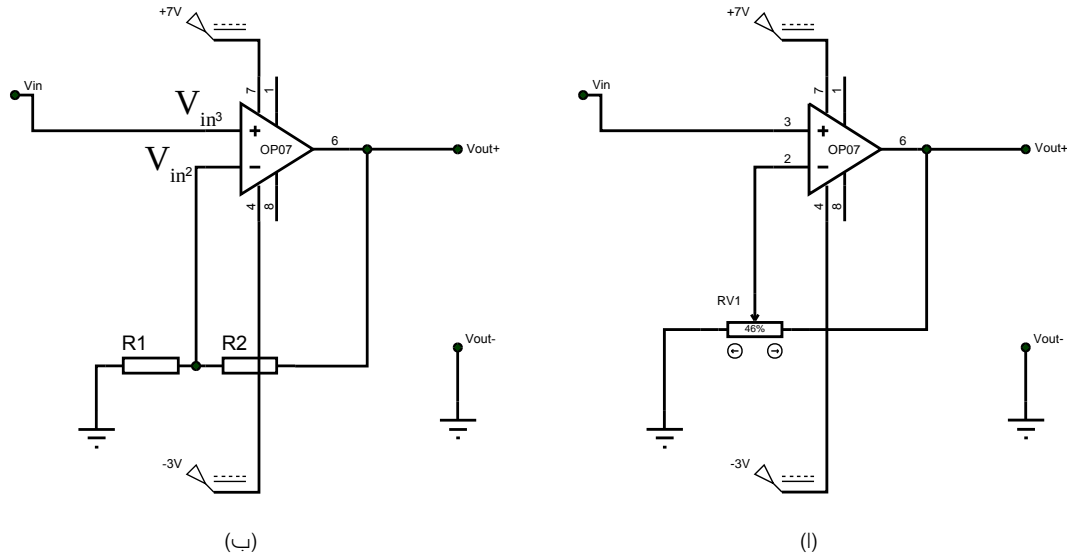
خامساً و أخيراً وديه بقا **إسمها غباوة**. بس دة اللي أنا عملته، النقط اللي متوصلة بالارضى كلها node واحدة هتبقى متوصلة بالأردوينو هنا بقى هتلاقى بعض متشددين الـ safety هايقولوا لو حصل fault ممكن يحصل مشاكل بس مصر كلها عايشة أهى قدامك و بقينا ١٠٠ مليون أو أكثر زى ما أنت شايف. © كان المفروض بيقا فيه Isolation Transformer مثلاً أو أى حاجة ممكن تعمل Isolation بين الدائرتين (الـ AC 220V و الـ DC 12V) على سبيل المثال لو المقاومة R1 خرجت من الدائرة لأى سبب أو أتحرقت الجهد اللي عليها

¹ Offset Voltage هو عبارة عن إزاحة صغيرة عن قيمة الجهد الداخل اللي بيكون عندها خرج الـ OP AMP 0V. شرحها على الموقع دة.

هيفقى كبير جدا و أكيد هيفوظ الـ Amplifier عشان كدة الدائرة ديه عازبة حرص كويس، وطالما إحنا إتعاملنا مع الدائرة كلها بحرص مش هيفحص حاجة ياخذن الله.

2.1 حسة الـ Gain

اللفولت اللى على المقاومة 1Ω R1 صغير بيقا بتاع $1V$. اللفولت دة مش مناسب أنه يتقرى على الـ ESB أو الأردوينو. الـ Amplifier المفروض أنه يكبر الفولت اللى على المقاومة 1Ω R1 عشان نعرف نحسب الـ Gain الصح بتاع الـ Amplifier من الدائرة ممكن نتخيل إن الريوستات RV1 عبارة عن مقاومتين R1, R2.



2

فى حالة إن الـ Amplifier مثالى هيفقى $V_{in3} = V_{in2}$ وعندنا

$$V_{in2} = V_{out} \times \frac{R1}{R1 + R2}$$

بيبقى

$$V_{in3} = V_{out} \times \frac{R1}{R1 + R2}$$

يعنى

$$V_{out} = V_{in3} \times \frac{R1 + R2}{R1} = V_{in} \times \frac{R1 + R2}{R1} \quad (1)$$

بيبقى إحنا ممكن نحدد قيمة الـ gain بتاعنا عن طريق النسبة بين $\frac{R1}{R1+R2}$ الـ OP07 بيكبر من غير دائرة قيمة ضخمة جدا حوالى 10^5 ألف مرة ضعف الجهد الداخلى عشان كدة ممكن نعتبره قريب من أنه يكون مثالى. وعموما معظم أنواع الـ Amplifier ليها معامل تكبير ضخم هو أنا جيبت الكلام دة من مكانين: [الموقع دة](#) و الكتاب دة [Behzad Razavi, Fundamentals of Microelectronics, Second Edition. page 357~359](#) هتلاقى نسخة فيها الجزء المطلوب مع الحاجة

3.1 حساب نسبة التكبير من تيار الأحمال

إذا كانت مقاومة الأحمال هي R_{LOAD} و الجهد الفعال ($V_{RMS} = 220$ Volts) أى أن ($V_{peak} = V_a \approx 311$ Volts). يجب ضبط نسبة التكبير لتحصل أقصى تيار لحظى أى (V_a) بحيث عند هذا التيار يتولد أعلى جهد ممكن على دخل الـ ESB. أعلى جهد عند أعلى تيار يؤدي الى أعلى

دقة ممكنة. يكون الجهد المطبق على الأحمال أقل من V_{RMS} بـ 2 أو 3 فولت نتيجة لوجود Rectifier.

$$V_{LOAD} = V_a - \underbrace{V_{drop}}_{3 \text{ Volts}}$$

تضاف المقاومة R_{sensor} على التوالي مع الاحمال لقياس التيار. يمكن حساب التيار كالآتي

$$I_{LOAD} = \frac{V_a - V_{drop}}{R_{LOAD} + R_{sensor}}$$

الجهد المتولد على المقاومة R_{sensor} هو الدخل للـ Amplifier ($V_{in} = V_{sensor}$). يجب أن يتم تكبيره ليصل الى أقصى جهد من خرج الـ Amplifier عند مرور أعلى تيار كالآتي:

$$V_{out} = G_a \cdot V_{in} = G_a \cdot I_{LOAD} R_{sensor}$$

حيث G_a هو معامل التكبير. وإذا كان أقصى جهد لخرج الـ Amplifier هو $V_{out max}$ فإن:

$$G_a = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out max}}{V_{sensor}} = \frac{V_{out max}}{I_{LOAD} R_{sensor}}$$

من المعادلة 2.1

$$\frac{R1 + R2}{R1} = G_a$$

$$\frac{R1}{R1 + R2} = \frac{I_{LOAD} R_{sensor}}{V_{out max}} \quad (2)$$

2 توزيع الجهود و التغذية

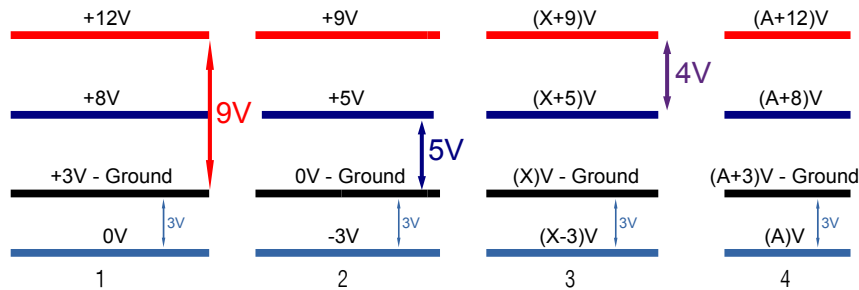
عشان نعرف نشغل الأجهزة كل جهاز محتاج جهود مختلفة.

1. الـ Amplifier محتاج جهد من 3V لـ 9V+ عشان يشتغل.

2. الـ ESP32 محتاجة 5V أو 3.3V.

3. طبعا الأرضى جهده 0V.

هنستخدم طريقة بسيطة: أعلى جهد فى الدائرة هو الـ 9V و أقل جهد هو الـ 3V-. الفرق ما بينهم هو 12V. مش مهم حاجة فى الـ supply اللي هنستخدمه غير أنه يطالع فرق فى الجهود زي اللي إحنا عاوزينها. بمعنى إن لو الـ supply مثلاً بيطلع 12V هبقى أقل جهد فى الدائرة (الـ 3V-) هو السالب بتاع الـ supply و الموجب هو الـ 9V. كدة مضبوط الفرق بين أعلى جهد و أقل جهد فى الدائرة هو 12V. الجزئية اللي بتلقف الدماغ الـ Ground فين؟ أعلى من الـ 3V- بـ 3V شئى منطقى! الفكرة كلها أن الـ Ground دة نقطة فى الدائرة جهدها مفروض أنه بصفر عشان تقارن بقيت الجهود الثانية بالنسبة ليه مش لأنه جهده فعلاً بصفر. المهم دايماً فى الدائرة عندك هو فرق الجهود. مثلاً فى الشكل 3 كل فروق الجهود ديه واحدة و كلهم نفس توزيعة الجهود و مناسبين لتشغيل الدائرة.



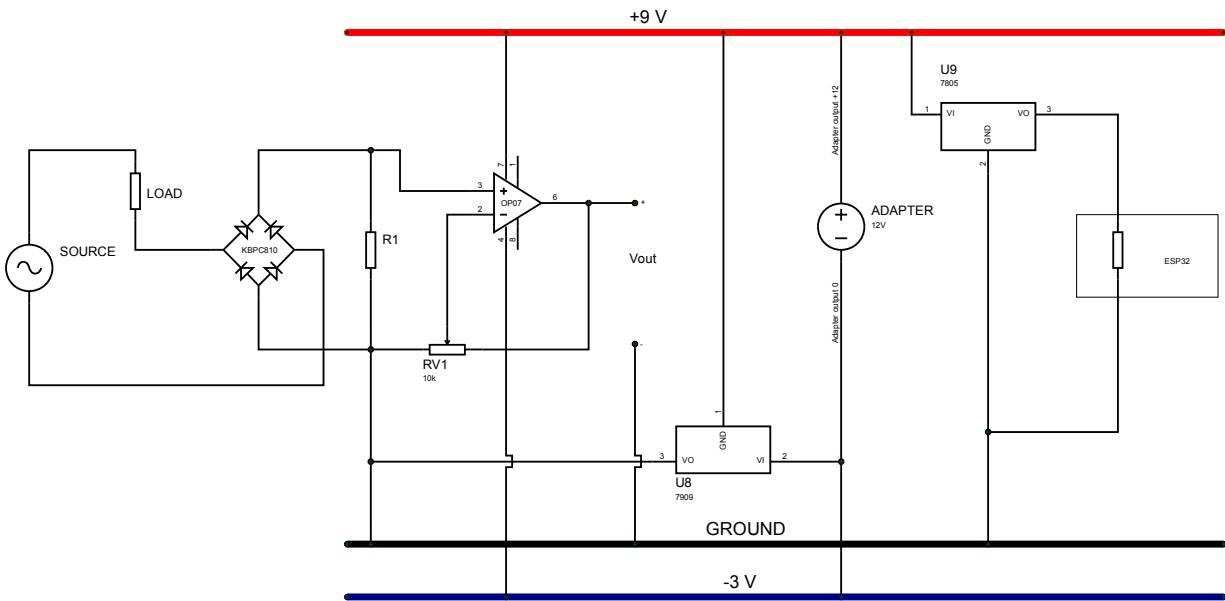
3

طيب إحنا عرفنا نطلع أكبر جهد و أصغر جهد لكن الجهد اللي فى النص بتطلع إزاي؟ بـ Regulator. بشكل عام فى نوعين من الـ Regulator:

• **Positive Regulator**
معروف بياخذ طرفين فرق الجهد ما بينهما كبير يبطلح جهد ثابت بالنسبة للجهد الصغير. مثلاً Positive Voltage Regulator 8V لو وصلته بـ 12V و 0V. هتلاقى الـ Regulator ببطلح +8V بالنسبة للـ 0V يعنى -4V بالنسبة للـ 12V زى اول شكل فى الصورة 3

• **Negative Regulator**
ببطلح جهد ثابت بالنسبة للجهد الكبير. بمعنى إن الـ Regulator ببطلح جهد أقل من أعلى جزء فى الدائرة بمقدار ثابت. مثلاً لو عندنا 9V Negative Voltage Regulator لو وصلته بـ 12V و 0V. هتلاقى الـ Regulator ببطلح -9V بالنسبة للـ 12V يعنى +3V بالنسبة للـ 0V زى اول شكل فى الصورة 3

لاحظ إن معظم انواع الـ Regulator بتوصل التيار فى إتجاه واحد بس الإتجاه التانى ممكن يحرقه. الـ Positive Regulator ببيخرج تيار فقط و الـ Negative Regulator بيدخله تيار فقط. شرح أكثر فى [المقال ده Linear Voltage Regulator.pdf](#) هتلاقىه مع الملفات.
عشان تعمل الدائرة كانه محتاجين توزيع الجهد زى اللى فى الشكل 3. و عشان نعملها هنستخدم Voltage Regulator 2. واحد Positive Regulator 9V يستخدم كـ GROUND و يبقى الفرق بينه و بين الـ 12V يبقى -9V. اما التانى فهو Positive Regulator 5V هتركب من الـ Ground اللى إحنا عملنا لغاية الـ 12V. و ده هيبطلح جهد أعلى من الـ Ground بـ 5V. ده بقا عشان يشغل الـ ESB. و بكده تكون إكتمل التوزيع و هيبقا شكلها حاجة شبه الدائرة اللى فالصورة ديه (صور 4)



4

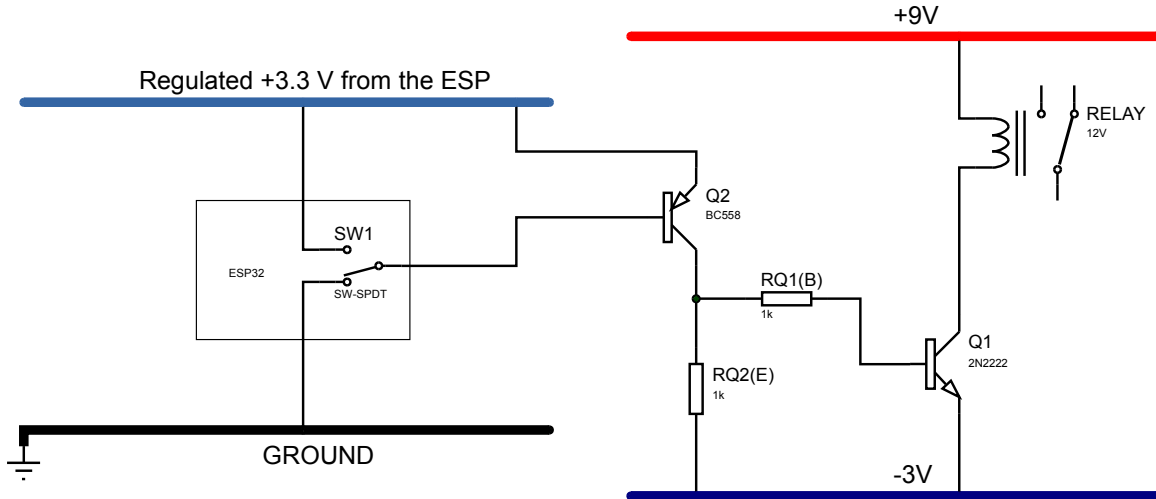
فاضل حاجة واحد الـ Negative Voltage Regulator بياخذ الجهد العالى كـ GROUND و الجهد القليل كـ V_{input} .

3 Relay Switching Cricuit

عشان نشغل الريلاى و نقفله أولاً محتاجين جهد 12V مش الـ 3.3V بتوع الـ ESP. ثانياً تيار الريلاى كبير ما ينفعش يبطلح من الـ output pins. يبقى إحنا عوزين نخلى الدائرة تشغل الريلاى بجهد 12V. أكيد عشان تعمل كده محتاجين ♥Transistor♥. الدائرة اللى أنا عرفت أعملها بتاخد 2 Transistor و شكل الدائرة فى الصور ديه (الصورة 5). هتلاقى فى الصورة Switch بيبصر عن خرج الـ ESP. و الـ BC558 ده Transistor PNP. الـ 2N2222 ده Transistor NPN. أما الـ 3.3V فدخلو إحنا هانجيهم من الـ ESB نفسها. لو بصيت على الصورة 6 اللى فيها توزيع الـ pin هتلاقى من اول pin ديه بتبقا 3.3V.

عشان نفهم الرسمة محتاجين مراجعة سريعة على الفرق بين الـ PNP و الـ Transistor NPN كـ سويتشات. طيب Transistor NPN كان بيحتاج جهد الـ base يبقى أعلى من الـ emitter عشان يوصل، لو الـ base اقل من الـ emitter يبقى الـ Transistor cut off و مش هيوصل، وكان الـ collector أعلى جهد فى الجهاز. أما Transistor PNP كان لازم الـ base يبقى أقل من الـ emitter عشان يوصل، لو جهد الـ base أعلى من الـ emitter يبقى الـ Transistor cut off و مش هيوصل، وكان الـ collector أقل جهد فى الجهاز.

4

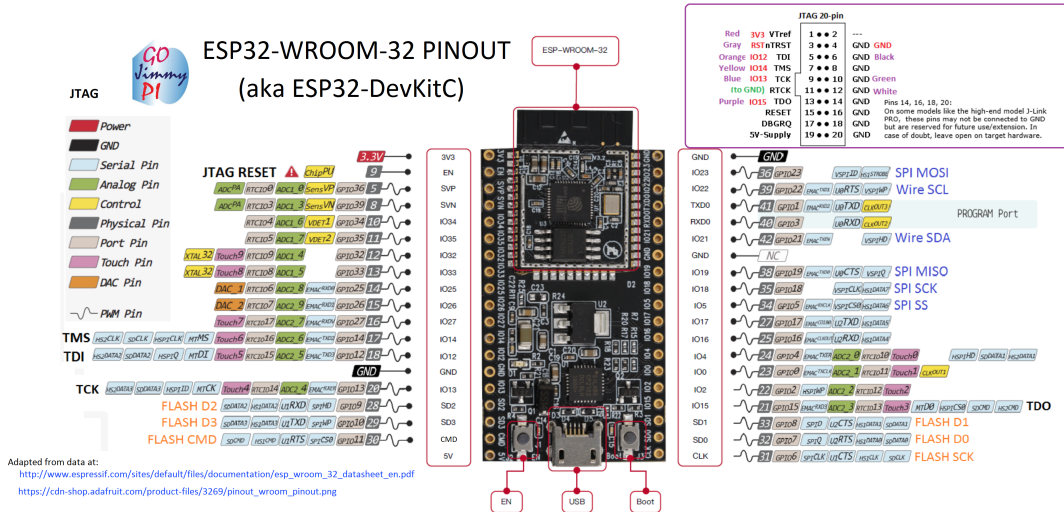


5

كفاية كلام نخش على الشغل فى ملف اسمه "Switching Circuit.pdsprj" ده بقا هيفهمك الدايرة حلو بالـsimulation.

The Mirco Controller (ESB) 4

هو فيه نوعين من الـESB: ESB32 و ESP8266. إحنا هانحتاج الـESB32 عشان هى اللى فيها pinات analog تناسب القرايات اللى بتطلع من الـAmpilifer. هو فى موقع شارهم كويس [الموقع ده](#).
لو بصيت على صورة الـpin diagram الـESB32 هتلاقى إن فيها pinات كتير لونها أخضر ديه الـpinات اللى ممكن تشتغل analog. هى سعرها أعلى أنا عارف بس هى الأنسب لينا

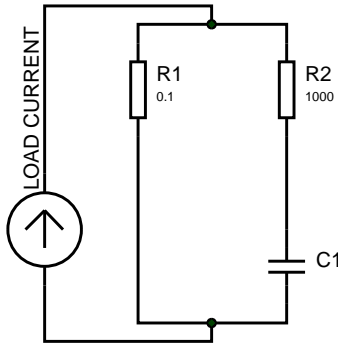


ESB32 Pin Diagram : 6

هتلاقى الصورة ديه مع باقى الملفات

*ملحوظة هو فيه حل من غير الـESB32 بس ده عاوز أنك تركب دايرة أو جهاز بعد الـAmpilifer عشان ينفع يتقرى بس طبعا ده أصعب من حيث الكود و من حيث الإنك تلاقى الجهاز أو الدايرة اللى ممكن تصمم بالشكل اللى أنت عاوزة

5 إضافة Capacitor لتنعيم القريات



بص يا كوكو عشان أنا زهقت و ما حدش كدة بيقراً البتاع دة. أولاً إحنا حطينا الـ Capacitor قبل الـ Amplifier عشان النحية الثانية التيار محدود و فى نفس الوقت الـ ESB بيسحب تيار كبير شوية فهيطلع قرايات غلط. جربتها على Proteus. طيب ديه رسة تقريب الجهد على الشمال. تلاحظ إن النسبة بين المقاومتين 1:10000 يعنى نسبة التيار اللي هيمشى فى المقاومة الكبيرة صغير جدا و بالتالى إحنا ممكن نقرب حسبة الجهد بأنه تيار الحمل فى المقاومة الصغيرة. عشان نبقا واخدين بالنسبة تيار الـ Source كبيراً أصلاً فالتيار اللي هتسحبه مقاومة 1000Ω دة مش هيعمل مشاكل فى حدود التيار و فعلياً بمجرد ما المكثف يشحن التيار اللي بيمر بيبقا شبه معدوم. نخش بقا على الحسابات. هنا إحنا عاوزين التيار الجهد المتغير على المقاومة R1 0.1Ω يبقى جهد ثابت عشان كدة هستخدم الـ Capacitor كـ Low Pass Filter (LPF) هي ديه أصلاً RC LPF منها نطلع إن الـ Transfer Function:

$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

يعنى نسبة التكبير اللي هتحصل فى الدائرة للجزء المتغير هي:

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2fRC)^2}}$$

لو إحنا عاوزين نمنع تردد 50Hz ببقا إحنا عاوزين مثلاً يكون $|H(j\omega)| = 2\%$ شوية حسابات يطلع

$$RC \geq 0.159 \Omega F = 159 \text{ K}\Omega\mu F$$

خلى بالك معنى إننا نخلى الـ Gain بـ 2% دة معناه إن فيه نسبة خطأ 2% و دة بالنسبة للـ Sin Wave بس ديه أصلاً Rectified Sin Wave بس عموماً لما جربت على بروتس بتطلع النتائج قريبة جداً و فى نفس الوقت الخطأ أقل بشوية كسور. *منطقى!* بس هنا فيه شيء مهم ألا و هو إن الـ input عبارة عن إنصاص Sin Wave بتكرر 100 مرة فى الثانية مش 150! و دة معنا إننا محتاجين الـ Transfer Function بتقا لـ 100Hz دة غير إن كدة نسبة الخطأ بتقا أصغر أصلاً من المحسوبة فها نخليها 3% بدل 2% نطلع بقا بشكل المعادلة:

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (2 \times \underbrace{100}_{\text{frequency}} \times RC)^2}}$$

يعنى :

$$RC \geq 0.053 \Omega F = 53 \text{ K}\Omega\mu F$$

تلاحظ كدة إننا ممكن نستخدم RC قيمتها أقل و دة يقلل من قيمة المكثف اللي إنا محتاجين نجيبه. بالنسبة للـ Time Response هنا بقا الموضوع يختلف هنا المطلوب هو إننا نعرف فى حالة تغير فى التيار المكثف هياخد وقت قد إيه (يشحن أو يفريغ) عشان التغير دة يتقري. طريقة بسيطة نقرب بيها العملية هي الـ Step Response الـ RC Circuit المعادلة ديه -جدعنة من عندى كدة أنا اللي جايها- بتعبر عن العلاقة بين الـ Response و Time للدائرة

$$R(t) = 1 - e^{(t/\tau)} = e^{(t/RC)} \quad (\text{step response equation})$$

يبقا لو $RC = 0.053\Omega F$ هيطلع إن عشان المكثف يوصل لـ 98% من قيمة التيار الحقيقية هياخد 207 ms. الحقيقة إنا دة بفرض إن الـ input عبارة عن Step Response لكن الأصل إن الـ input عبارة عن Rectified Sin Wave الوقت بيبقى أطول بحوالى 25% من الوقت الأصلي لما جربتها على Proteus

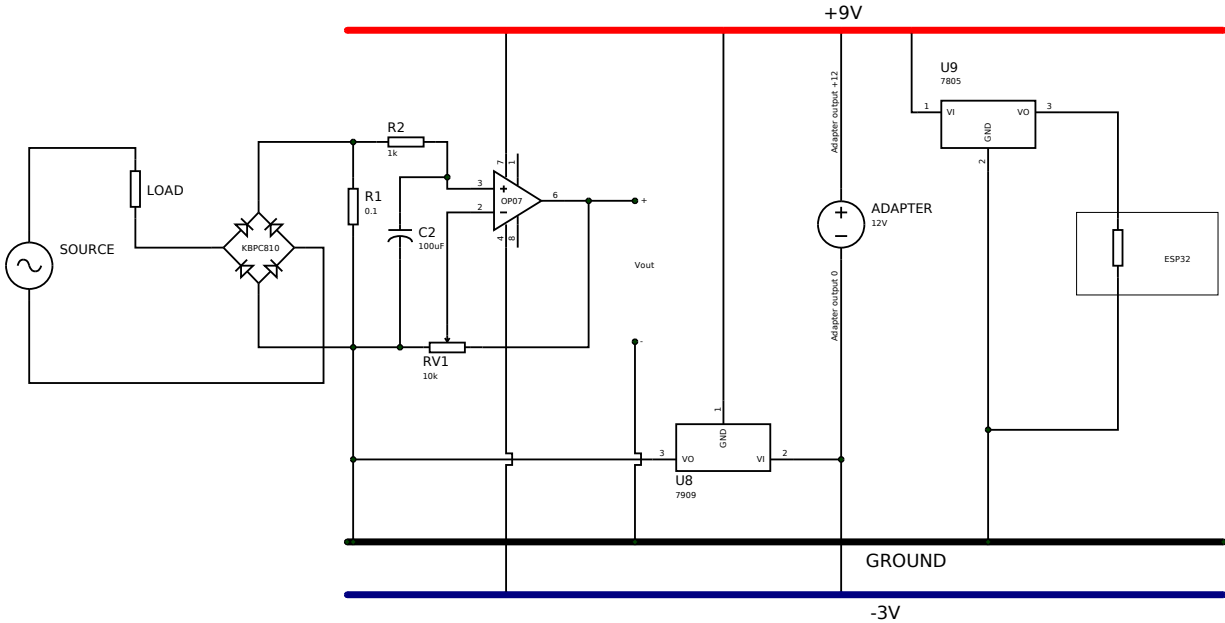
طيب لو دورت على RAM هتلاقى إن المكثف المتاح 100μF و أنسب مقاومة تجاب هي 1000Ω نحسب بقا من جديد الـ RC = 0.1 أكبر من المحسوبة بس لسة أصغر من الـ 50Hz و إيه هي القيمة الجديد لمعامل لتكبير الـ input المتغير:

$$|H(h\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (2 \times 100 \times 0.1)^2}} = 0.0159134789711477$$

طبعا زى ما هو واضح من الأرقام مكثف سعة أكبر = تنعيم أكثر للإشارة. طيب بس هنا الـ Time Response هيبقى أبداً من معادلة الـ Step Response يطلع إن الـ Step Response Time

$$T = 0.3912 \text{ (S)}$$

طبعا محتاجين ناخذ رقم أكبر من دة عشان الوقت الفعلى بيبكون أكبر وليكن 0.5S هنا بقا الدائرة هتبقى كالاتى



8

6 التسعيرة

هنا بقا أنا حاولت على قد ما أقدر أنا عملت دة كله عشان أحاول أخلى السعر معقول. كل حاجة و سعرها فى الجدول تحت.

الوصف	السعر	البتاع
4-diodes Bridge Rectifier 1.2 Voltage drop	10 EGP	KBPC810R10
10W Resistance, 10A	2.5 EGP	Power Resistance 0.1Ω
1 Kohm W Vertical Square Cermet Potentiometer	3.50 EGP	Potentiometer
Ultralow Offset Voltage Operational Amplifiers	7 EGP	OP07
Positive Voltage Regulator 5V	4 EGP	L7805CV
Negative Voltage Regulator 9V	4 EGP	L7909CV
Wall Adapter Fixed 12Vdc (1A)	45 EGP	Adapter 12V
5-pin relay with 10A AC/DC	7 EGP	Relay 12V
General Purpose PNP Transistors	0.50 EGP	BC558
NPN switching transistors	0.50 EGP	2N2222
Fixed Carbon resistor watt, 15V, and 5%~10% tolerance	0.5 EGP	1KΩ Carbon Resistor
Polarized Electrolytic Capacitor 100μF 10v	0.25 EGP	Polarized Capacitor 100μF
		٢ فيشة
		سلوك

*ملحوظة الـ KBPC810R10 دة Bridge Rectifier مخصص، المميز فيه أنه بيستحمل تيار عالى (حوالى 35A) و سعره معقول ٠ اجم

1.6 RAM e-shop

أنا دورت على الحاجة على RAM.

• KBPC810R10

• Operational Amplifier OP07

• Power Resistance 0.1Ω

- Potentiometer $1K\Omega$ •
- L7805CV •
- L7909CV •
- Adapter 12V •
- Relay 12V •
- BC558 •
- 2N2222 •
- $1K\Omega$ Carbon Resistor •
- Polarized Capacitor $100\mu F$ •

