

مكبر المراحل الثلاث لكشف إشارة الليزر النبضي

عواطف صابر جاسم ، ياسين حميد محمود ، رحمان إسماعيل مهدي

قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق

تاريخ الاستلام: 2008/ ٦ / ٢٥ ، تاريخ القبول: 2008 / ٩ / ١٦

المخلص

تم في هذا البحث تصميم مكبر إشارة لتكبير إشارة الليزر الغير المرئي النبضي ليزر اشباه الموصلات ذو الطول الموجي ($0.904 \mu\text{m}$) وزمن نبضة (200ns) وليزر الياك ذو الطول الموجي ($1.06 \mu\text{m}$) وزمن نبضة (20ns). حيث اثبتت النتائج بأن المكبر المصمم يعطي استجابة عالية وقليل الضوضاء وهي من العوامل المهمة والرئيسية في تصميم مكبرات الاشارة وقد بينت الدراسة النظرية ما يلي: .

١. ممانعة الإدخال = $100 \text{ K}\Omega$

٢. كسب عالي للفولتية = 2.5×10^4

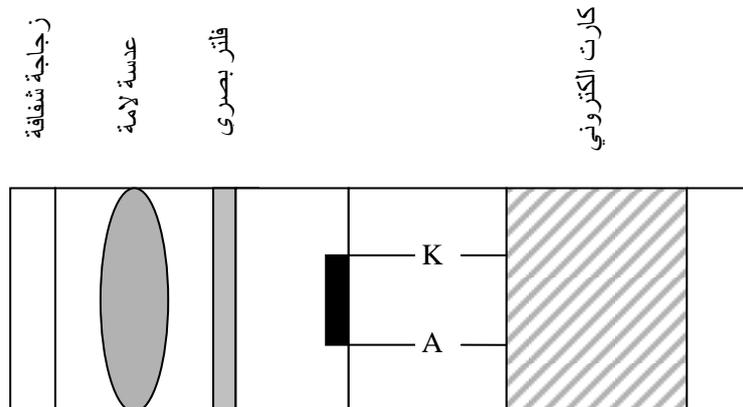
٣. اقل فولتية إدخال ($2 \times 10^{-5} \mu\text{V}$)

المقدمة:

يتضمن الجانب العملي: تتضمن المنظومة المصممة الأجزاء التالية:

١- الجزء البصري: يتكون الجزء البصري من كاشف سيليكون (Si) نوع Pin ابعاده ($3 \times 2 \times 1$)mm وله استجابته (0.55 A/w) عند [١] للطول الموجي $0.9 \mu\text{m}$ و سرعة بحدود 20ns يوضع امام الكاشف فلتر بصري يعمل على منع امرار الضوء عدى عند الطول الموجي (0.9 nm) وفي حالة استخدام ليزر اشباه الموصلات [٦] وابدال ذلك الفلتر بفلتر اخر للطول الموجي ($1 \mu\text{m}$) عند العمل على كشف إشارة ليزر الياك، كما يوضع بعد ذلك عدسة محدبة وذلك لتركيز حزمة الاشعه واسقاطها على الكاشف [٥] يوضع في نهاية ذلك زجاجة على شكل نافذة بصرية لمنع الغبار والرطوبة الغير مرغوب بها .
تثبت هذه الاجزاء بواسطة انبوبة معدنية وحسب الشكل الموضح في ادناه مخطط رقم (١).

يتم تصنيع الكواشف (detector) بحيث توافق كل حزمة معينة من الطول الموجي قبل تصنيع كاشف (Si) [1] لاستلام إشارة الليزر ($0.904 \mu\text{m}$) وكذلك كاشف (Insb) [٢] لاستلام الحزمة من ($3-5 \mu\text{m}$) وغيرها من الكواشف كما تتميز هذه الكواشف التي تستجيب لليزر النبضية يكون سرعة استجابتها عالية كذلك يفضل ان تكون بحدود (5ns-100ns) حسب التطبيق ويربط عادة مع هذه الكواشف مكبر ابتدائي يكون التيار والفولتية الخارجة منه قليلة نسبياً لذلك، فقد يكون هذا المكبر من مرحلة واحدة [٣] او اكثر من مرحلة حسب درجة التكبير المطلوبة لضمان استلام هذه الإشارة، كما قد يوضع مع هذه المكبرات في المدخل اجزاء بصرية لزيادة الإشارة الواصلة الى مرحلة الادخال وعموما بدون مكبر الإشارة يصبح من الصعب استلام إشارة ليزر نبضي سريع [٤] بل قد ترتبط مع مكبر الإشارة دوائر الكترونية اخرى لمسك هذه الإشارة لفترة معينة والاستفادة منها في دوائر السيطرة [5]. حيث ان غاية عملنا هو عمل تصميم لمكبر ذو استجابة جيدة وقليل الضوضاء واقتصادي لتلبية متطلباتنا في البحث والدراسة.

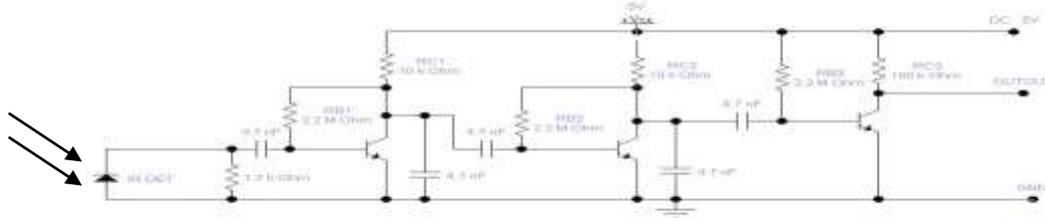


مخطط رقم (١)

الجزء الالكتروني:

يكون المكبر الابتدائي موضوع بحثنا من ثلاثة مراحل تكبير كما في الشكل (١) نلاحظ من الشكل تم ربط الكاشف البصري بالانحياز العكسي وبدون مصدر فولتية [4] وربط على طرفي الكاشف مقاومة مقدارها $(1.2K\Omega)$ يتم ربط الكاشف ب المرحلة الأولى قاعدة الترانزستور عن طريق متسعة الأقران $(4.7nf)$ حيث تعمل هذه المتسعة مع المقاومة

على منع الترددات الواطئة الغير مرغوب بها بحدود $(50Hz)$ ، المرحلة الأولى من المكبر هي ربط باعث مشترك ثم ربط مصدر فولتية $(5V DC)$ لتغذية الدائرة الكهربائية وربطت القاعدة مع الجامع الترانزستور عن طريق المقاومة $(2.2M\Omega)$. في مرحلة الادخال.



شكل رقم (١): شكل يوضح مراحل المكبر المصمم.

التحليل بوجود التيار المستمر

$$V_{CC} = R_c [I_c - I_B] - I_B R_f - V_B \dots \dots \dots (1)$$

حيث V_{CC} هي الفولتية المجهزة وفي بحثنا كانت $(5V)$.

R_c هي مقاومة الجامع

I_c تيار الجامع

I_B تيار القاعدة

V_B الفولتية بين القاعدة والباعث

$$I_C + I_B = I_E = (1 + \beta) I_B \dots \dots \dots (2)$$

يتعوض (2) في (1) ينتج...

$$V_{CC} - (1 + \beta) R_c I_B - I_B R_f - V_{BE} = 0$$

حيث R_f مقاومة التغذية العكسية

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(1 + \beta) R_c + R_f} = \frac{5 - 0.7}{(1 + 250) 10K + 2200K}$$

$$I_{B1} = 0.0009 \text{ mA} = 9 \mu\text{A}$$

$$I_{E1} (1 + \beta) I_{B1} = (1 + 250) \times 0.0009 = 0.2295 \text{ mA}$$

$$I_{C1} = \beta I_{B1} = 250 \times (0.0009) = 0.2286 \text{ mA} = I_{C2}$$

$$r_{e1} = \frac{26 \text{ mV}}{I_{E1}} = \frac{26 \text{ mV}}{0.2295} = 113.25 \Omega = r_{e2}$$

r_e المقاومة الداخلية للباعث

$$h_{ie1} = \beta r_{e1} = 250 \times 113.25 = 23.313 \text{ K} = h_{ie2}$$

وبما ان المراحل متشابهه

$$\bullet \bullet \bullet h_{ie1} = h_{ie2} = h_{ie3} = 23.313 \text{ K}$$

$$V_{O1} = V_{O2} = V_{CC} - I_c R_c = 5 - 0.2286 \times 10 \text{ k} = 2.713 \text{ V}$$

اما المرحلة الثالثة للترانزستور الثالث:

تم ربط الكاشف بدون تجهيزه بمصدر فولتية لمنع زيادة الإشارة أكثر من الحد المطلوب وبالتالي زيادة الضوضاء ، تم استخدام مصدر موحد للمراحل الثلاثة ثم في المرحلة الثانية للمكبر استخدام نظام التغذية الرجعية لاعادة جزء من الاشارة من مرحلة الجامع (Collector) إلى القاعدة (Base) لزيادة نسبة التكبير وكذلك الحصول على استقرارية للمكبر [٧] كما تم ربط المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية عن طريق أقران متسعة (4.7 nf) ، كما ربطت المرحلة الأولى إلى الأرضي عن طريق (4.7 nf) أيضا لتقليل الكسب المفرط وجعل الاستقرار عالية ولجعل الاشارة ذات فائدة اكثر وفوق الارض تم في المرحلة الثالثة ربط مقاومة القاعدة الى مصدر التغذية (5 V) وبذلك حصلنا على اشارة مستقرة قريبة وللحصول على الكسب اللازم استخدمت مرحلة أخرى نفس المرحلة الأولى وبذلك تم زيادة الكسب ولكن وجود هذه المرحلة لا يكفي لجعل الإشارة ذات فائدة وفوق الأرضي بشكل ملحوظ ربطت المقاومة الخاصة بالتغذية إلى مرحلة التجهيز (5 V) وبذلك نحصل على إشارة مستقرة مربعة تقريباً ويزداد العرض للإشارة بزيادة الكسب ، تم ربط الأرضي الخاص بمراحل التكبير الثلاثة بغلاف معدني shield لمنع إشارة الغير مرغوبة من التكبير وإعادتها إلى الأرضي .

تم فحص المكبر بواسطة ليزر اشباه الموصلات ذو الطول الموجي $(0.904 \mu\text{m})$ حيث تم الاستجابة له بشكل جيد ولمسافة اكثر من 400 m .

كما استخدمت IR-LED بطول موجي (0.9 nm) [٨]

لأجراء عملية الفحص بعمل منذبذب بمواصفات 140 Hz ، $140 \mu\text{sec}$ ، إجراء عملية الكشف وتم الفحص إلى مسافة 50 m . كما فحص المكبر بواسطة مشبهة البياك وأظهر استجابته جيدة .

التحليل الرياضي:

تم اجراء عملية التحليل الرياضي للدائرة المصممة

شكل (١) لمعرفة العوامل الخاصة للمكبر بصرياً

أولاً:

$$A_{V_2} = \frac{-hfe RC_2}{hie_2} = \frac{-250 \times 10K}{23.313K} = -107.236\Omega$$

$$I_{B_3} = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{RB} = \frac{5 - 0.7}{2200K} = 0.009$$

$$A_{V_3} = -\frac{hre RC_3}{hie_3} = \frac{-250 \times 100K}{23.313K} = -1072.36$$

$$I_{e_3} = \beta I_{B_3} = 250 (0.0019) = 0.486 \text{ mA}$$

$$Z_o = RC_3 = 100 \text{ K}\Omega$$

$$A_{V_T} = A_{V_1} A_{V_2} A_{V_3} = (-2190.569)(-107.236)(-1072.36)$$

حيث Z_o الممانعة

$$A_{V_T} = -2.5 \times 10^{10}$$

$$A_{V_1} = -hfe / (hie / RB_1) RC_1$$

$$A_{V_1} = \frac{-hfe_1}{(hie_1 \parallel RB_1)} RC_1 = \frac{-250}{(23.313K \parallel 1.2K)} \cdot 10K\Omega = -2190.569$$

$$A_{i_1} = \frac{hfe R_f}{nf + hfe RC} = A_{i_2} = \frac{250 \times 2.2\mu\Omega}{2.2\mu + 250 \times 10K} = 117$$

حيث A_v التكبير في الفولتية [٩]

$$A_{V_1} = -250 / (23.313K \parallel 1.2K) \cdot 10K\Omega = -2190.5$$

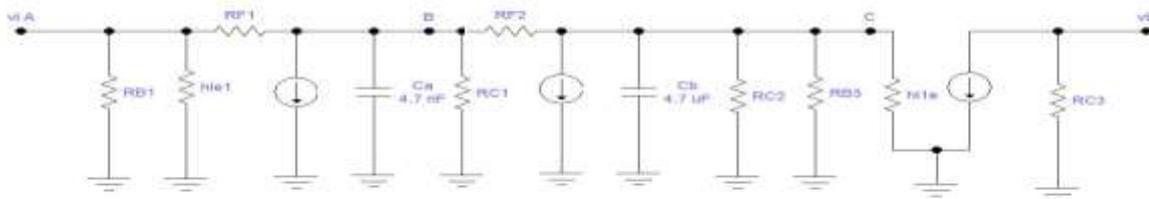
$$A_{i_3} = \beta = 250$$

$$A_{i_T} = A_{i_1} \times A_{i_2} \times A_{i_3} = 117 \times 117 \times 250$$

$$Z_i = (1.1413K \parallel 1.0043K) = 0.5342 \text{ K}\Omega$$

$$A_{i_T} = 3422250$$

التحليل في حالة التيار المتناوب



شكل رقم (٣)

تأثير المتسعة C2

$$f_{LC2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = \frac{1}{2\pi \times 22 \times 10^3 \times 4.7 \times 10^{-9}} = 1.539 \text{ KHZ}$$

تأثير المتسعة C3

$$f_{LC3} = \frac{1}{2\pi R_3 C_3} = \frac{1}{2\pi \times 33 \times 10^3 \times 4.7 \times 10^{-9}} = 0.9745 \text{ KHZ}$$

$$f_L^R = \sqrt{f_{L1}^2 + f_{L2}^2 + f_{L3}^2} = \sqrt{(4021.2)^2 + (2.3685)^2 + (0.9496)^2} = 63.44 \text{ KHZ}$$

حيث ان تأثير الاستجابة الترددية تلاحظ في الشكل رقم (٤)

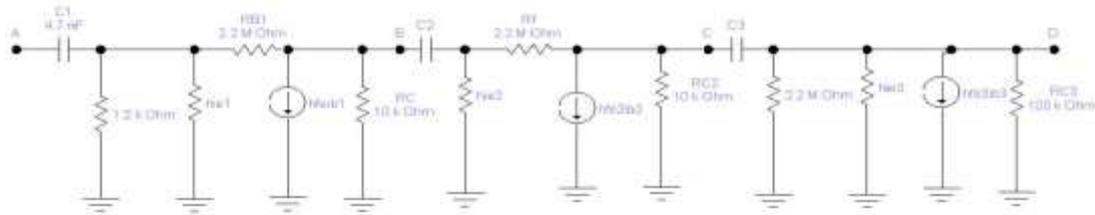
تأثير المتسعة C1

$$C_1 (C_2 + C_3)$$

$$R_i = nB \parallel hie \parallel \frac{nf}{A_v} = 0.534 \text{ K}\Omega$$

$$f_{LC1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi \times \frac{1}{2} K \times 4.7 \times 10^{-9}} = 63.413 \text{ KHZ}$$

الاستجابة للترددات العالية:



شكل رقم (٤)

تأثير Cb :

تأثير Ca : [١٠]

$$R_b = R_{c2} \parallel R_{B2} \parallel h_{ie3} = 10 \parallel 2200 \parallel 23.313 = 5.397 \text{ K}\Omega$$

$$R_{Lb} = \frac{1}{2\pi R_b C_b} = \frac{1}{2\pi \times 5.397 \times 10^3 \times 4.7 \times 10^{-9}} = 6.274 \text{ KHZ}$$

$$\frac{1}{f_{h^n}} = \sqrt{\left(\frac{i}{f_{h_a}}\right)^2 + \left(\frac{1}{f_{h_b}}\right)^2} \Rightarrow \frac{1}{f_{h^n}} = 0.0002254$$

$$\therefore f_{h^n} = 4.436 \text{ KHZ}$$

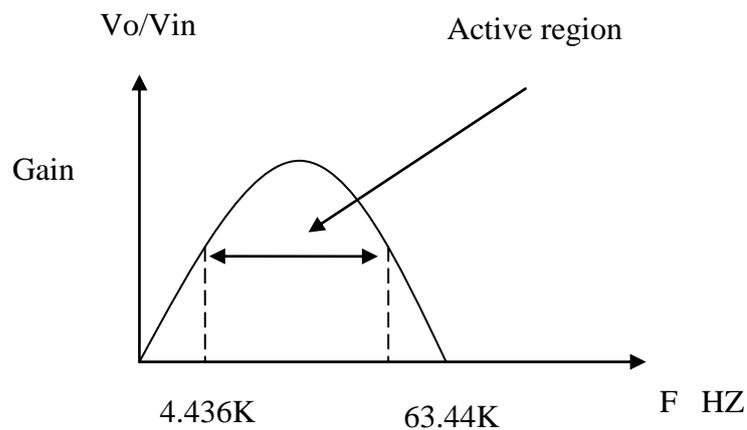
1-

$$R_a = R_{C1} \parallel h_{ie2} \parallel \frac{R_{f2}}{|A_{v2}|} = 10 \parallel 23.313 \parallel$$

$$\frac{2200}{107.236} = 5.2 \text{ K}$$

$$f_{La} = \frac{1}{2\pi R_a C_a} = \frac{1}{2\pi \times 5.2 \times 10^3 \times 4.7 \times 10^{-9}} = 6.5324 \text{ KHZ}$$

$$R_b = R_{c2} \parallel R_{B2} \parallel h_{ie3} = 10 \parallel 2200 \parallel 23.313 = 5.397 \text{ K}\Omega$$



Amplifier specification:

1- for input impedance $\approx 534 \Omega$

- 2- high input impedance $\approx 100 \text{ K}\Omega$
- 3- high voltage gain $= 2.5 \times 10^{10}$
- 4- high current gain $= 3422250 \times 10^6$
- 5- wide band width $= (f_h - f_l) = 63.44\text{K} - 4.4\text{K} = 59 \text{ KHZ}$
(Active reign mid-band)
- 6- minimum input voltage $= \frac{V_{cc}}{A_{VT}} = 2 \times 10^{-11} \text{ volt}$
 $= (2 \times 10^{-5}) \mu\text{V}$ it is very sensitive to low signals
- 1- for input impedance $\approx 534 \Omega$

- 2- high input impedance $\approx 100 \text{ K}\Omega$
- 3- high voltage gain $= 2.5 \times 10^{10}$
- 4- high current gain $= 3422250 \times 10^6$
- 5- wide band width $= (f_h - f_l) = 63.44\text{K} - 4.4\text{K} = 59 \text{ KHZ}$
(Active reign mid-band)
- 6- minimum input voltage $= \frac{V_{cc}}{A_{VT}} = 2 \times 10^{-11} \text{ volt}$
 $= (2 \times 10^{-5}) \mu\text{V}$ it is very sensitive to low signals

المصادر:

- 6-H. Quast, *Semiconductor Laser Systems with Advanced Pulse Compression for High-Frequency Measurement Applications in Institut für Festkörperphysik*. 2006, Technische Universität Berlin: Berlin. p. unpublished
- 7-P. Wen, M. Sánchez, M. Gross, S. Esener, "Observation of instability in a Vertical-Cavity semiconductor optical amplifier (VCSOA)", *Opt. Express*, 10, 1273-1278 (2002)
- 8-L.H. Spiekman, J.M. Wiesenfeld, A.H. Gnauck, L.D. Garrett, G.N. Van Den Hoven, T. Van Dongen, M.J.H. Sander-Jochem and J.J.M. Binsma, "Transmission of 8 DWDM channels at 20 Gb/s over 160 km of standard fiber using a cascade of semiconductor optical amplifiers" *IEEE Photon. Tech. Lett.*, 12, 717-719, 2000.
- 9- "Semiconductor Optical Amplifiers", Michael J. Connelly, 2002, Kluwer Academic Press.
- 10- Alan chappell "opto electronic theory and practice" .1976

- ١- العاني، مناف رشيد إسماعيل، تصنيع ودراسة خصائص كواشف الانتشار بالليزر والاعشيه الرقيقة. رسالة دكتوراه، الجامعة التكنولوجية (٢٠٠٠) بغداد-العراق.
- ٢- روبرت في كولن ترجمه عماد قسطنطين المرجع الاساس في تصميم دارات مكبر العمليات والدراسات الخطيه، ١٩٩٣
- ٣- فريد فارس تصنيع كاشف الانديوم انتمونايد ودراسة خواصه / الجامعه التكنولوجية (٢٠٠٠) بغداد/ العراق
- ٤- Toe-Hoon Yonn-Characterics Tunable Laser base on laterally coupled semiconductor optical amplifier and laser diode. *Journal society*, V.45, p144, .2004.
- 5-K. Vlachos, K. Zoiros, T. Houbavlis, and H. Avramopoulos, "10×30 GHz pulse train generation from semiconductor amplifier fiber ring laser," *IEEE Photonics Technol. Lett.* 12, 25 (2000).

Three stage amplifier for detect pulse laser

Awatif Sabir Jassim , Yassin .H. Mahmood , Rahman I. Mahdi

Department of Physics , College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

(Received 25 / 6 / 2008 , Accepted 16 / 9 / 2008)

Abstract:

In this work we design this amplifier for detect the (IR) pulse laser as the same laser diode, ($0.9 \mu\text{m}$, 200ns) YAG ($1.06 \mu\text{m}$, 20ns) this amplifier give high gain 1- low noise, this result prove that:

1. high input impedance = $100 \text{ K}\Omega$
2. high voltage gain $= 2.5 \times 10^{10}$
3. minimum input voltage $= (2 \times 10^{-5}) \mu\text{V}$