

Pembangunan Kit Pembelajaran 4-*Bit Asynchronous Counter*

Samsiah Binti Samsudin^{1*}, Norfadhilah Hasan¹, Azlin binti Yajid¹

¹Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

*Corresponding author E-mail: samsiah@psmza.edu.my

Abstrak

Topik kaunter digital bagi subjek Elektronik Digital sering menjadi cabaran kepada pelajar, terutamanya dalam memahami konsep kaunter tak segerak (*asynchronous counter*) dan pergerakan isyarat jam (*clock*). Justeru itu, pembangunan Kit Pembelajaran 4-bit *Asynchronous Counter* dilaksanakan yang bertujuan untuk memudahkan pemahaman pelajar terhadap prinsip dan operasi kaunter tersebut. Kaunter digital merupakan komponen asas dalam sistem elektronik digital dan terbahagi kepada dua jenis utama iaitu segerak (*synchronous*) dan tidak segerak (*asynchronous*). Kit yang dibangunkan ini berbentuk latihan mudah alih dan menggunakan komponen seperti IC 7476 (JK *Flip-Flop*), suis input sebagai jam manual, serta *light-emitting diode* (LED) sebagai paparan keluaran. Pembangunan kit ini dapat membantu pelajar memahami operasi *Asynchronous Up* dan *Down Counter* dengan lebih berkesan melalui visualisasi secara langsung. Di samping itu, kit ini bersifat kos rendah, mudah digunakan, dan sangat sesuai dijadikan sebagai alat bantu mengajar dalam pengajaran dan pembelajaran subjek Elektronik Digital di peringkat politeknik dan institusi TVET.

Kata Kunci: Kaunter, Elektronik Digital, *flip-flop*

1.0 Pengenalan

Dalam era teknologi yang berkembang pesat dan terus mengalami transformasi digital, pemahaman yang mendalam terhadap asas sistem digital telah menjadi satu keperluan penting, terutamanya dalam bidang kejuruteraan elektronik (Lyngdorf et al, 2024). Salah satu topik utama yang sering menjadi tumpuan pengajaran di peringkat diploma kejuruteraan elektrik dan elektronik ialah konsep kaunter digital. Kaunter digital merupakan antara komponen penting dalam reka bentuk dan pembangunan sistem elektronik moden, kerana ia digunakan secara meluas dalam pelbagai aplikasi seperti jam digital, pemasa, pengawal mikro, sistem kawalan logik, serta pelbagai peranti elektronik yang lain yang memerlukan penjejakan turutan atau kiraan.

Secara amnya, kaunter digital boleh dikategorikan kepada dua jenis utama, iaitu kaunter segerak (*synchronous counter*) dan kaunter tak segerak (*asynchronous counter*). Perbezaan asas antara kedua-dua jenis kaunter ini terletak pada cara isyarat denyutan jam (*clock pulse*) dihantar kepada *flip-flop* yang digunakan untuk menjana urutan nombor binari. Dalam kaunter segerak, semua *flip-flop* menerima denyutan jam secara serentak, manakala dalam kaunter tak segerak, denyutan jam hanya dihantar kepada *flip-flop* pertama dan hasilnya dipancarkan secara berurutan kepada *flip-flop* seterusnya. Mekanisme ini menyebabkan tindak balas masa atau kelewatan yang sering menyukarkan pelajar untuk memahami dengan jelas prinsip operasinya.

Namun begitu, berdasarkan pemerhatian didapati bahawa ramai pelajar menghadapi kesukaran dalam memahami prinsip asas bagi kaunter tak segerak (*asynchronous counter*), terutamanya dalam mengenal pasti sambungan denyutan jam dan membezakan antara *Asynchronous Up Counter* dan *Down Counter*. Kekeliruan ini sering mengakibatkan kesilapan dalam merekabentuk dan menguji litar semasa sesi makmal atau projek. Tambahan pula, pendekatan pengajaran secara teori semata-mata kurang berkesan untuk memberikan gambaran sebenar terhadap pergerakan isyarat dalam litar.

Oleh yang demikian, projek ini dibangunkan sebagai satu inisiatif untuk membantu pelajar memahami konsep tersebut secara lebih praktikal melalui pendekatan yang lebih interaktif dan visual. Sebuah kit latihan telah direka bentuk bagi tujuan ini, dengan mengambil kira keperluan untuk menjadikannya mudah alih, berskala kecil dan menggunakan komponen asas yang mudah difahami seperti *flip-flop* JK, LED, suis, serta papan litar bercetak (PCB). Kit ini juga

sesuai digunakan dalam sesi makmal atau semasa demonstrasi dalam kelas, dan mampu memberikan pelajar pengalaman pembelajaran secara langsung yang dapat meningkatkan kefahaman mereka terhadap kaunter tak bergerak.

Selain memberi manfaat kepada pelajar, kit ini juga direka agar dapat digunakan oleh pensyarah sebagai alat bantu mengajar yang kos efektif, mudah dikendalikan dan sesuai untuk pelbagai tahap pemahaman pelajar. Dengan pendekatan pembelajaran yang bersifat *hands-on* dan berasaskan pemerhatian, pelajar dijangka dapat mengaitkan teori dengan aplikasi sebenar melalui penggunaan kit ini. Justeru, projek ini bukan sahaja menyokong proses pembelajaran berpusatkan pelajar, malah turut menggalakkan minat terhadap bidang sistem digital melalui pendekatan yang lebih menyeronokkan dan mudah difahami.

2.0 Kajian Literatur

Kaunter digital merupakan antara litar asas yang penting dalam sistem elektronik digital. Menurut Floyd (2013), kaunter digital ialah satu bentuk litar berurutan yang berfungsi untuk mengira denyutan jam (*clock pulses*) dan menghasilkan urutan nombor binari berdasarkan bilangan denyutan tersebut. Kaunter ini digunakan secara meluas dalam pelbagai aplikasi elektronik seperti jam digital, sistem pengiraan, dan pemasa automatik. Terdapat dua jenis utama kaunter digital, iaitu kaunter bergerak (*synchronous counter*) dan kaunter tak bergerak (*asynchronous counter*). Kaunter tak bergerak, yang juga dikenali sebagai *ripple counter*, dicirikan oleh penghantaran denyutan jam yang hanya diberikan kepada flip-flop pertama, manakala *flip-flop* seterusnya dikawal oleh keluaran *flip-flop* sebelumnya (Floyd, 2013).

Dalam konteks pengajaran dan pembelajaran, Mano (2007) menegaskan bahawa pelajar sering menghadapi kesukaran dalam memahami operasi dalaman kaunter digital, terutamanya pergerakan isyarat jam dan perubahan output binari dari satu keadaan ke keadaan yang lain. Kekeliruan ini biasanya berpunca daripada pendekatan pengajaran yang terlalu berasaskan teori tanpa disertakan dengan bantuan visual yang konkrit. Oleh itu, beliau mencadangkan penggunaan alat bantu mengajar berbentuk fizikal atau visual seperti kit pembelajaran dan simulasi litar sebagai pendekatan yang dapat meningkatkan pemahaman pelajar secara signifikan.

Tambahan pula, Malvino dan Leach (2006) menekankan bahawa pemahaman pelajar dalam topik seperti *flip-flop*, *latch*, dan kaunter boleh ditingkatkan melalui penggunaan kaedah visual interaktif. Dalam buku mereka, penekanan diberikan kepada penggunaan animasi, demonstrasi litar sebenar, dan latihan praktikal sebagai strategi pembelajaran aktif.

Berdasarkan kajian oleh Sarathy & Wan Rusmawati (2023), didapati bahawa penggunaan bahan bantu mengajar memberikan impak positif dari pelbagai aspek seperti meningkatkan motivasi pelajar, interaktiviti, keupayaan menyelesaikan masalah dan kebolehgunaan. Kajian juga menunjukkan bahawa pelajar mempunyai minat serta tahap kefahaman yang tinggi terhadap penggunaan alat tersebut.

Selain itu, kajian Mahizan (2024) menyatakan bahawa keberkesanan pengajaran bergantung kepada kepelbagaian pendekatan yang mampu menarik minat dan motivasi pelajar. Perkembangan teknologi, termasuk kecerdasan buatan, turut mengubah cara penyampaian maklumat dan mewujudkan cabaran baharu kepada pendidik.

Di samping itu, maklumat teknikal berkenaan komponen utama seperti IC 7476 juga menyumbang kepada pemahaman lebih mendalam terhadap operasi kaunter. Berdasarkan helaian data yang dikeluarkan oleh Texas Instruments, IC 7476 mengandungi dua JK Flip-Flop yang boleh disambung secara bersiri untuk membentuk kaunter 2-bit atau digabungkan menjadi kaunter lebih besar seperti 4-bit. IC ini menyokong fungsi *preset* dan *clear*, menjadikannya pilihan sesuai dalam reka bentuk litar kaunter tak bergerak (Texas Instruments, n.d.).

Secara keseluruhan, gabungan antara literatur teori dan bukti empirikal menyokong keperluan untuk membangunkan dan menggunakan kit pembelajaran yang praktikal, kos efektif, dan mesra pengguna dalam pengajaran subjek Elektronik Digital.

3.0 Metodologi

Projek ini dibangunkan menggunakan pendekatan rekabentuk kejuruteraan secara sistematik yang melibatkan beberapa fasa iaitu perancangan, simulasi, pemilihan komponen, pembangunan litar, ujian, dan pengesahan. Tujuan utama metodologi ini adalah untuk memastikan setiap langkah dalam pembangunan kit ini dilaksanakan secara terancang dan berkesan.

3.1 Reka Bentuk dan Simulasi

Fasa ini bermula dengan reka bentuk awal litar menggunakan perisian *Proteus 8 Professional*. Perisian ini membolehkan pengguna merekabentuk dan mensimulasikan litar elektronik dengan pelbagai komponen yang disediakan. Reka bentuk litar *asynchronous counter* dirancang menggunakan IC 7476 sebagai komponen utama. Simulasi dijalankan untuk menguji sambungan dan kestabilan litar dalam persekitaran maya sebelum berpindah ke pembangunan fizikal. Hasil simulasi menunjukkan bahawa urutan binari dari 0000 ke 1111 berjaya dihasilkan dan LED menyala dengan betul mengikut keluaran.

3.2 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen dalam pembangunan kit kaunter digital 4-bit ini dilakukan berdasarkan keperluan asas bagi memastikan fungsi kaunter dapat dijalankan dengan berkesan serta mudah difahami oleh pelajar. Setiap komponen dipilih agar sesuai dengan objektif projek dan dapat menyokong operasi kaunter secara praktikal.

Komponen utama yang digunakan ialah litar bersepadu IC 7476, iaitu jenis JK Flip-Flop. Komponen ini berfungsi sebagai elemen utama dalam pembentukan kaunter, kerana ia mampu menukar keadaan logik berdasarkan denyutan jam yang diberikan, sekaligus menjana kiraan binari yang diperlukan. Empat unit LED turut digunakan dalam kit ini untuk memaparkan output binari secara visual kepada pengguna. Paparan LED ini membantu pelajar melihat secara langsung perubahan keadaan output setiap kali denyutan jam diterima.

Bagi menghasilkan denyutan jam secara manual, satu push button digunakan sebagai suis input. Suis ini membolehkan pelajar menekan secara manual untuk melihat kesan setiap denyutan jam terhadap output kaunter, sekaligus memberi kefahaman terhadap proses kiraan yang berlaku. Di samping itu, perintang bernilai 330 ohm disambungkan secara bersiri dengan LED bagi mengawal aliran arus, sekaligus mengelakkan kerosakan pada LED akibat arus berlebihan.

Bekalan kuasa 5V digunakan untuk membekalkan tenaga elektrik kepada keseluruhan sistem litar. Untuk memudahkan sambungan bekalan kuasa ke litar, sebuah modul bekalan kuasa untuk breadboard digunakan, yang membolehkan voltan diagihkan dengan lebih kemas dan teratur kepada komponen lain. Bagi pemasangan tetap dan lebih kemas, litar ini dibina menggunakan PCB satu lapisan yang membolehkan susun atur komponen dilakukan secara tersusun dan kekal.

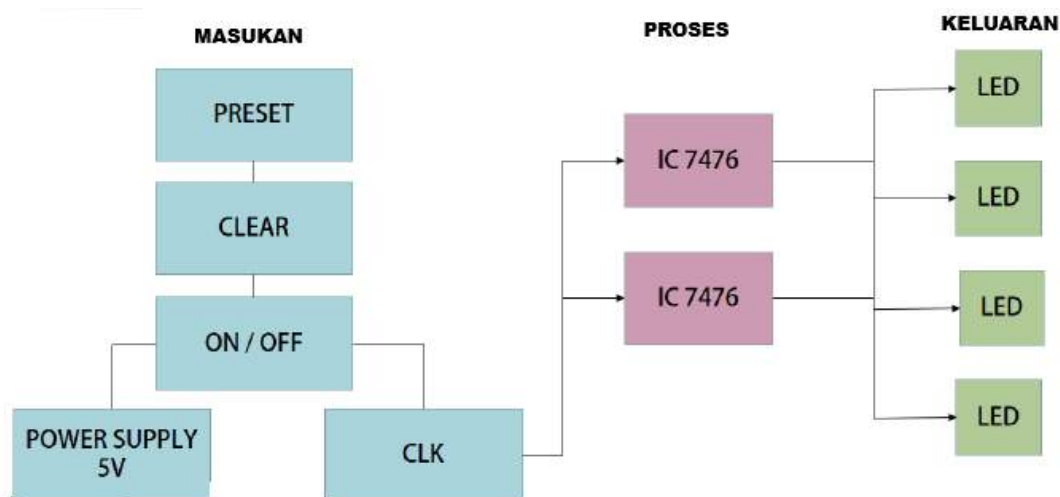
Selain itu, blok terminal dua dan tiga pin turut digunakan dalam projek ini bagi tujuan penyambungan LED dan suis secara modular. Penggunaan blok terminal ini membolehkan sambungan dilakukan dengan lebih mudah, cepat dan selamat tanpa perlu penyolderan semasa ujian atau penggantian komponen.

Secara keseluruhannya, pemilihan komponen-komponen ini adalah bersesuaian dengan matlamat projek iaitu membina satu kit latihan yang ringkas, mudah difahami, dan mampu menunjukkan prinsip operasi kaunter digital 4-bit secara berkesan.

3.3 Pembangunan dan Pemasangan Litar

Litar dibina berdasarkan reka bentuk simulasi yang telah disahkan. Proses pembangunan bermula dengan pemindahan litar ke atas PCB. Proses *etching* dilakukan untuk membuang tembaga yang tidak diperlukan pada papan PCB. Selepas itu, lubang digerudi bagi tujuan pemasangan komponen. Komponen disusun dan dipateri mengikut kedudukan dalam rajah skematik. Terminal blok digunakan untuk kemudahan sambungan luar seperti LED dan suis. Litar diuji secara berperingkat bagi memastikan tiada sambungan yang terputus atau sambungan songsang. Rajah 1 merupakan rajah blok bagi kit ini.

Merujuk rajah 1, bahagian masukan terdiri daripada butang PRESET, CLEAR, ON/OFF, serta bekalan kuasa 5V dan isyarat CLK yang membekalkan denyutan jam kepada sistem. Dua IC 7476 digunakan dalam bahagian proses sebagai JK flip-flop yang disusun untuk menghasilkan kaunter 4-bit di mana setiap output flip-flop mengawal LED di bahagian keluaran. LED ini menyala mengikut perubahan logik 1 atau 0 daripada flip-flop, memaparkan kiraan binari dari 0000 hingga 1111. Kit ini memberi gambaran visual yang jelas mengenai konsep kiraan binari dan sangat berguna sebagai alat bantu pengajaran dalam topik elektronik digital.

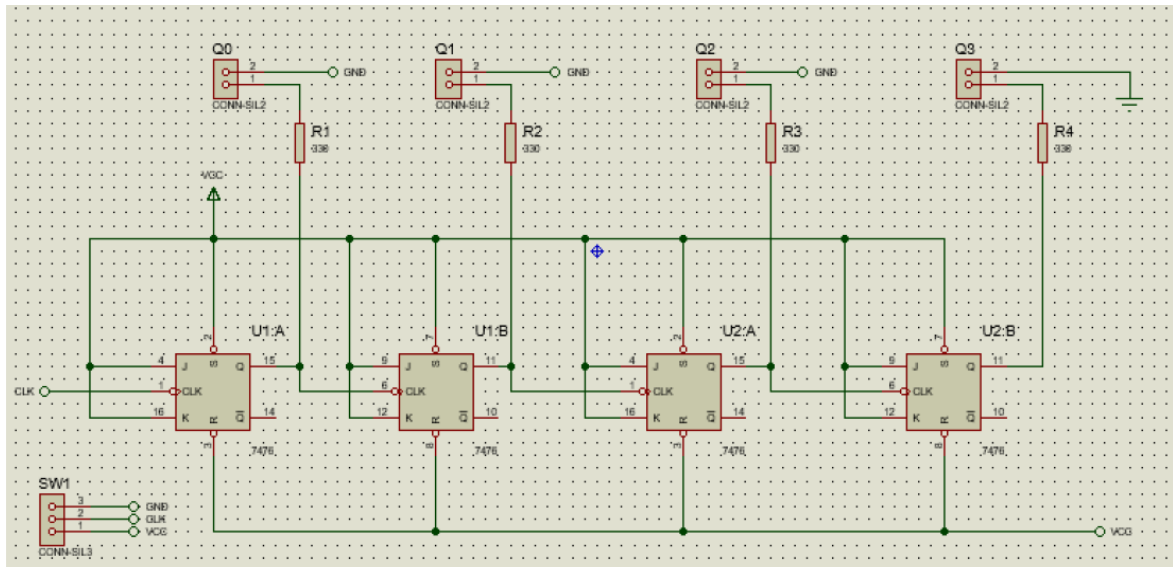


Rajah 1: Rajah Blok Kit

3.4 Ujian dan Pengesahan Fungsi

Setelah litar lengkap dipasang, ujian fungsi dijalankan. Rajah 2 menunjukkan litar skematik kit. Tujuan utama ujian ini adalah untuk memastikan kit berfungsi seperti yang direka bentuk. Dengan menekan suis secara berulang, LED akan menyala mengikut urutan binari seperti dalam jadual kebenaran asynchronous counter. Hasil pemerhatian menunjukkan bahawa keluaran adalah stabil dan tiada gangguan pada fungsi. Tambahan lagi, pelajar diminta menggunakan kit ini untuk menilai tahap kefahaman mereka sebelum dan selepas penggunaan. Maklum balas awal menunjukkan peningkatan kefahaman pelajar terhadap perbezaan antara *Up* dan *Down Counter*.

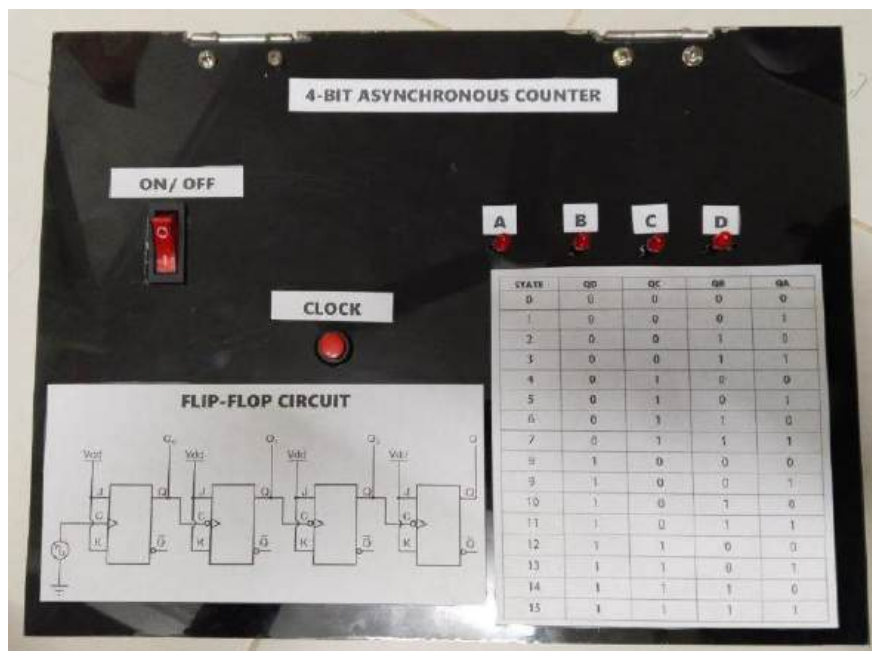
Fasa ujian ini penting bukan sahaja untuk memastikan operasi yang stabil tetapi juga memberi peluang untuk menilai keberkesanan kit dalam konteks pengajaran dan pembelajaran.



Rajah 2: Litar skematik kit

4.0 Hasil dan Perbincangan

Rajah 3 merupakan Kit Pembelajaran yang telah dibangunkan. Kit ini dapat memaparkan urutan kiraan 4-bit *asynchronous up counter* dengan jelas. Jadual 1 menunjukkan hasil keluaran kit pembelajaran yang dibangunkan. Paparan LED berwarna merah (nyala), memberikan maksud digit binari 1 dan jika LED tidak menyala, bermaksud binari 0. LED akan menyala apabila denyut jam diberikan dan mengikut urutan binari berdasarkan isyarat daripada IC 7476. Pemerhatian menunjukkan pelajar dapat mengenalpasti perubahan bit dan memahami prinsip sambungan jam antara *flip-flop*.



Rajah 3: Kit Pembelajaran

Beberapa penambahbaikan turut dicadangkan seperti menambah suis untuk menukar mod kepada Down Counter dan menyediakan manual penggunaan yang ringkas.

Jadual 1: Hasil keluaran Kit Pembelajaran

Clock Pulse	D (QD)	C (QC)	B (QB)	A (QA)	LED Display (D C B A)
0	0	0	0	0	● ● ● ●
1	0	0	0	1	● ● ● ●
2	0	0	1	0	● ● ● ●
3	0	0	1	1	● ● ● ●
4	0	1	0	0	● ● ● ●
5	0	1	0	1	● ● ● ●
6	0	1	1	0	● ● ● ●
7	0	1	1	1	● ● ● ●
8	1	0	0	0	● ● ● ●
9	1	0	0	1	● ● ● ●
10	1	0	1	0	● ● ● ●
11	1	0	1	1	● ● ● ●
12	1	1	0	0	● ● ● ●
13	1	1	0	1	● ● ● ●
14	1	1	1	0	● ● ● ●
15	1	1	1	1	● ● ● ●

5.0 Kesimpulan

Pembangunan kit pebelajaran 4-bit *asynchronous counter* ini berjaya mencapai objektifnya iaitu memudahkan pemahaman pelajar terhadap konsep kaunter tak segerak. Kit ini bukan sahaja berfungsi dengan baik tetapi juga bersifat kos efektif, mudah digunakan dan sesuai dijadikan bahan bantu mengajar. Kit ini bukan sahaja menunjukkan fungsi kiraan binari 4-bit secara visual melalui penyalan LED, tetapi juga memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana *flip-flop* disambung secara tak segerak dalam litar sebenar. Dengan bantuan visual iaitu LED dan penyusunan *flip-flop* yang teratur, pelajar dapat memahami konsep jam, perubahan bit, serta pergerakan kiraan binari dengan lebih cepat berbanding kaedah tradisional berasaskan nota semata-mata.

Sehubungan dengan itu, penggunaan alat bantu pengajaran seperti kit ini wajar diperluas dalam pengajaran kursus-kursus TVET dan di institusi politeknik. Ia boleh menjadi satu inisiatif yang berkesan dalam merapatkan jurang antara pemahaman teori dan aplikasi praktikal, selaras dengan pendekatan *hands-on, minds-on* yang menjadi teras pendidikan teknikal masa kini.

Rujukan

- Floyd, T. L. (2015). *Digital fundamentals* (11th ed.). Pearson Education.
- Lyngdorf, N. E. R., Jiang, D., & Du, X. (2024). Frameworks and models for digital transformation in engineering education: A literature review using a systematic approach. *Education Sciences*, 14(5), 519. <https://doi.org/10.3390/educsci14050519>
- Mahizan, M. B., & Ali, S. N. S. B. (2024). Pembangunan dan keberkesanan Transformer Training Kit sebagai alat bantu mengajar bagi kursus Electrical Circuit. *Jurnal Pengajian Umum (JPUM)*, 4(1), Special Issue: ICo-ASCNiTech 2024.
- Malvino, A. P., & Leach, D. (2006). *Digital principles and applications* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mano, M. M. (2007). *Digital logic and computer design*. Prentice Hall.

- Sarathy, H. K., & Wan Mahamod, W. R. W. (2023). Keberkesanan penggunaan kad imbas CAKG terhadap pencapaian pelajar dalam topik garam Tingkatan 4. *e-Prosiding Projek Penyelidikan Tahun Akhir Jabatan Kimia*, 1(2), Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Texas Instruments. (n.d.). *SN5476, SN54LS76A, SN7476, SN74LS76A dual J-K flip-flops with preset and clear* [Data sheet]. Texas Instruments. <https://www.ti.com/lit/gpn/SN5476>