

عددی ادوار

تخلیق و تجزیہ

حنالہ حنان یوسفزئی

khalidyou safzai@hotmail.com

۲۰۲۳ ستمبر ۲

عنوان

ix

دیباچہ

xi

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

۱	۱	شانی نظام
۱	۱.۱	اعشاری نظام گنتی
۳	۲.۱	ہشتمی نظام گنتی
۴	۳.۱	شانی نظام گنتی
۶	۴.۱	اعشاری نظام سے شانی نظام میں تبادلہ
۷	۵.۱	اساس سولہ (سادس عشری) نظام گنتی
۹	۶.۱	اساس دو کا اساس آٹھ میں تبادلہ
۹	۷.۱	اساس دو کا اساس سولہ میں تبادلہ
۹	۸.۱	اساس آٹھ اور اساس سولہ سے اساس دو میں تبادلہ
۱۳	۲	بنیادی حساب
۱۳	۱.۲	شانی نظام میں اعداد منفی کرنا
۱۵	۲.۲	اسی تکملہ یا r کا تکملہ
۱۶	۳.۲	اساس منفی ایک تکملہ یا $(r - 1)$ کا تکملہ
۱۷	۴.۲	دو اعداد کی منفی بذریعہ اسی تکملہ
۱۹	۵.۲	دو اعداد کی منفی بذریعہ اساس منفی ایک کا تکملہ
۲۱	۶.۲	مثبت اور منفی اعداد
۲۴	۷.۲	علامت دار و تکملہ نظام
۲۹	۳	بوولین الجبرا
۲۹	۱.۳	بوولین الجبرا کے بنیادی تصورات
۳۰	۱.۱.۳	منطقی ضرب

۳۱	منطقی جمع	۲.۱.۳
۳۳	منطقی نفی	۳.۱.۳
۳۳	منطقی بلا شرکت جمع	۴.۱.۳
۳۴	منطقی ضد بلا شرکت جمع	۵.۱.۳
۳۴	برقی تاروں میں جوڑ کی وضاحت	۲.۳
۳۵	عددی گیٹ	۳.۳
۳۵	ضرب گیٹ	۱.۳.۳
۳۶	جمع گیٹ	۲.۳.۳
۳۷	غنی گیٹ	۳.۳.۳
۳۷	متعدد مدخل گیٹ	۴.۳.۳
۳۹	ضرب متمم گیٹ اور جمع متمم گیٹ	۵.۳.۳
۴۲	بلا شرکت جمع گیٹ اور بلا شرکت جمع متمم گیٹ	۶.۳.۳
۴۴	گیٹوں کے برقی خواص	۴.۳
۴۵	محکم کار	۱.۴.۳
۴۸	مخلوط ادوار	۲.۴.۳
۴۹	بوولین تفاعل کا تخمینہ	۵.۳
۵۰	بوولین تفاعل کا تخمینہ	۱.۵.۳
۵۲	قوسین میں بند بوولین تفاعل	۶.۳
۵۳	بوولین الجبرا کے بنیادی قوانین	۷.۳
۵۸	ڈی مارگن کے کلیات	۸.۳
۶۱	حبثرواں بوولین تفاعل	۹.۳
۶۱	ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب	۱۰.۳
۶۴	ارکان جمع کی ترکیب	۱۱.۳
۶۹	مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کے مابین تبادلہ	۱۲.۳
۶۹	ضرب و جمع دورے متمم ضرب و متمم ضرب دور کا حصول	۱۳.۳
۷۱	جمع و ضرب دورے متمم جمع و متمم جمع دور کا حصول	۱۴.۳
۷۲	علامتی روپ یا رموز	۱۵.۳
۷۳	ایکسی رموز اور عالمی رموز	۱.۱۵.۳
۷۳	اعشاری اعداد کے شنائی رموز	۲.۱۵.۳
۷۵	گرے رموز	۳.۱۵.۳

۸۱	کارناف نقشہ جات	۴
۸۱	کارناف نقشے کا بنیادی خاکہ	۱.۴
۸۳	کارناف نقشے کی بھرائی	۲.۴
۸۳	کارناف نقشے سے تفاعل کی سادہ مساوات کا حصول	۳.۴
۸۵	دو آزاد متغیر تفاعل	۱.۴.۴
۸۸	تین متغیر تفاعل	۲.۴.۴
۹۱	چار متغیر تفاعل	۳.۴.۴
۹۳	سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا حصول	۴.۴.۴
۹۳	ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات	۴.۴

۵.۴ غیر دلچسپ حال ۹۵

۹۷	ترکیبی منطق اور ترکیبی ادوار	۵
۹۷	۱.۵ شنائی جمع کار اور شنائی منفی کار	
۹۸	۱.۱.۵ نصف جمع کار	
۱۰۰	۲.۱.۵ مکمل جمع کار	
۱۰۴	۳.۱.۵ منفی کار	
۱۰۷	۴.۱.۵ اعشاری جمع کار	
۱۰۹	۲.۵ شنائی ضرب کار	
۱۱۰	۳.۵ شناخت کار	
۱۱۷	۴.۵ شناخت کار کی مدد سے تفاعل کا حصول	
۱۲۰	۵.۵ داخلی منتخب کار اور خارجی منتخب کار	
۱۲۰	۱.۵.۵ خارجی منتخب کار	
۱۲۱	۲.۵.۵ داخلی منتخب کار	
۱۲۳	۳.۵.۵ داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول	
۱۲۵	۶.۵ متوازی شنائی ضرب کار	

۱۳۳	معاصر ترتیبی منطق اور ادوار	۶
۱۳۴	۱.۶ گیٹوں کے اوقات کار	
۱۳۵	۲.۶ پلٹ کار	
۱۳۹	۳.۶ ساعت	
۱۴۰	۴.۶ متمم ضرب گیٹ ایس آر پلٹ کار	
۱۴۱	۱.۴.۶ غیر فعال مداحل پلٹ کار، حال برقرار رکھتا ہے	
۱۴۱	۲.۴.۶ مداحل S فعال کرنے سے پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے	
۱۴۲	۳.۴.۶ مداحل \bar{R} فعال کرنے سے پلٹ کار پست حال اختیار کرتا ہے	
۱۴۳	۴.۴.۶ حال دوڑ	
۱۴۳	۵.۶ زیادہ مداحل پلٹ کار	
۱۴۴	۶.۶ متبادل محباز و معذور پلٹ کار	
۱۴۶	۷.۶ آفت اعلا م پلٹ کار	
۱۴۹	۸.۶ ڈی پلٹ کار	
۱۴۹	۱.۸.۶ آفت اعلا م پلٹ کار سے حاصل کردہ ڈی پلٹ کار	
۱۵۱	۹.۶ ڈی پلٹ کار	
۱۵۴	۱۰.۶ جے کے پلٹ کار	
۱۵۷	۱.۱۰.۶ ٹی پلٹ کار	
۱۵۸	۱۱.۶ شنائی گنت کار	
۱۵۹	۱۲.۶ سلسلہ وار شنائی جمع کار	
۱۶۰	۱۳.۶ معاصر ترتیبی ادوار کا تجزیہ	
۱۶۰	۱.۱۳.۶ مساوات حال	
۱۶۱	۲.۱۳.۶ حال کا جدول	
۱۶۲	۳.۱۳.۶ حال کا خاکہ	

۱۶۲	۴.۱۳.۶	ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور
۱۶۳	۵.۱۳.۶	جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور
۱۶۷	۶.۱۳.۶	ٹی پلٹ کار کی مدد سے ترتیبی دور کا جائزہ
۱۶۸	۱۴.۶	میلی اور موری نمونہ
۱۶۹	۱.۱۴.۶	حال اور ان کی مقرری
۱۷۰	۱۵.۶	معاصر ترتیبی ادوار کی بناوٹ

۱۷۹	۷	دفتر
۱۸۱	۱.۷	سلسلہ وار دفتر
۱۸۱	۱.۱.۷	دائیں انتقال دفتر
۱۸۱	۲.۱.۷	بائیں انتقال دفتر
۱۸۲	۳.۱.۷	دائیں و بائیں انتقال دفتر
۱۸۲	۲.۷	متوازی بھرائی دفتر
۱۸۳	۳.۷	عالمگیر انتقال دفتر
۱۸۷	۴.۷	سلسلہ وار شنائی جمع کار

۱۸۹	۸	گنت کار
۱۸۹	۱.۸	شنائی گنت کار
۱۹۱	۲.۸	معاصر گنت کار
۱۹۱	۱.۲.۸	معاصر شنائی گنت کار
۱۹۴	۲.۲.۸	شنائی سر موزاعشاری معاصر گنت کار
۱۹۸	۳.۸	دیگر گنت کار
۱۹۸	۱.۳.۸	متغیر لمبائی گنت کار
۲۰۰	۲.۳.۸	بے ترتیب گنت کار
۲۰۱	۳.۳.۸	چھلانگ گنت کار
۲۰۲	۴.۳.۸	دھڑکن پیدا کار

۲۰۵	۹	حافظہ
۲۰۶	۱.۹	عارضی حافظہ
۲۱۵	۲.۹	پختہ حافظہ
۲۱۸	۳.۹	حافظہ کی استعداد بڑھانے کی ترکیب
۲۱۸	۱.۳.۹	دو عدد 4×4 حافظہ سلسلہ وار جوڑ کر ایک عدد 8×4 حافظہ کا حصول
۲۲۱	۲.۳.۹	تین 8×16 حافظہ سلسلہ وار جوڑ کر ایک 8×48 حافظہ کا حصول
۲۲۵	۳.۳.۹	دو 4×4 حافظہ متوازی جوڑ کر 8×4 حافظہ کا حصول
۲۲۵	۴.۹	حافظہ کے اوقات کار
۲۳۰	۵.۹	پختہ حافظہ سے ترکیبی ادوار کا حصول

۲۳۵	۱۰	قابل تفکیک ترکیبی منطقی ادوار
۲۳۶	۱.۰.۱۰	قابل تفکیک ضرب ترکیبی منطقی ادوار
۲۳۷	۲.۰.۱۰	قابل تفکیک ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار
۲۴۰	۱.۱۰	قابل تفکیک ترتیبی ادوار

۲۴۳	غیر معاصر ترتیبی ادوار	۱۱
۲۴۷	تجزیہ	۱.۱۱
۲۴۷	عبوری جدول	۱.۱.۱۱
۲۵۱	ہساو کا جدول	۲.۱.۱۱
۲۵۳	حالت دوڑ	۳.۱.۱۱
۲۵۶	توازن اور ارتعاش	۴.۱.۱۱
۲۵۸	حالت دوڑ سے پاک شنائی علامتوں کا تقرر	۲.۱۱
۲۶۱	عبوری جدول کی مدد سے پلٹ کا تجزیہ	۳.۱۱
۲۶۱	ایس آر پلٹ	۱.۳.۱۱
۲۶۳	ساعت کے کنارہ پر چلتا ہوا ڈی پلٹ	۲.۳.۱۱
۲۶۹	ایس آر پلٹوں پر مبنی غیر معاصر ادوار کا قدم با قدم تجزیہ	۳.۳.۱۱
۲۷۱	سادہ ترین کمپیوٹر	۱۲
۲۷۱	بناؤٹ	۱.۱۲
۲۷۷	ہدایات کی فہرست	۲.۱۲
۲۸۱	کمپیوٹر کی برنامہ نویسی	۳.۱۲
۲۸۶	بازیابی پھیلا	۴.۱۲
۲۹۱	تعمیلی پھیلا	۵.۱۲
۲۹۹	خسر و برنامہ	۶.۱۲
۳۰۱	سادہ کمپیوٹر کا نقشہ دور	۷.۱۲
۳۱۱	خسر و برنامہ نویسی	۸.۱۲
۳۲۱	جوابات	

باب ۱۲

سادہ ترین کمپیوٹر

اس باب میں کمپیوٹر کی سادہ ترین ساخت پر غور کیا جائے گا۔ سادہ ہونے کے باوجود اس میں کئی اعلیٰ تصورات شامل ہیں۔ اس باب کو پڑھنے اور سمجھنے کے بعد آپ جدید کمپیوٹر کی بناؤٹ سمجھ پائیں گے۔

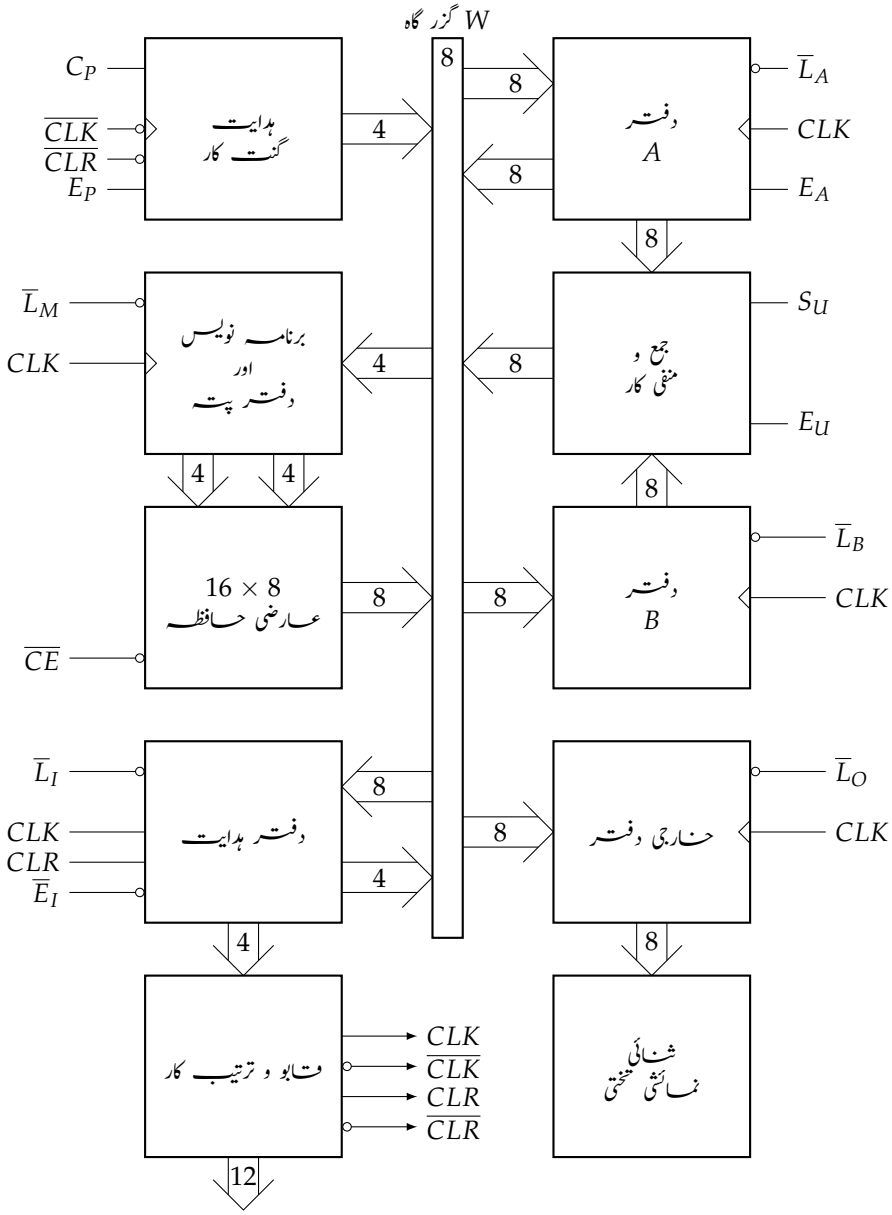
۱۲.۱ بناؤٹ

سادہ کمپیوٹر کی بناؤٹ شکل ۱.۱۲ میں پیش ہے۔ یہ ایک مکمل کمپیوٹر ہے۔ دفاتر کے وہ حنروج جو آٹھ بٹ گزر گاہ سے جڑے ہیں، سہ حالے^۱ ہیں؛ جو مواد کی منظم ترسیل ممکن بناتا ہے۔ آٹھ بٹ گزر گاہ سے مراد آٹھ برقی تاریں ہیں جو ذیلی ادوار (مشا، حافظہ، جمع و منفی کار) کے مابین مواد کی ترسیل ممکن بناتے ہیں۔ دفاتر کے باقی حنروج دو حالے^۲ ہیں؛ یہ حنروج ان ڈب ادوار کو مسلسل معلومات (مواد، پتہ، شمار وغیرہ) فراہم کرتے ہیں جن سے یہ منسلک ہیں۔

سادہ ترین کمپیوٹر کے مختلف حصے واضح کرنے کی عرض سے شکل ۱.۱۲ بنایا گیا ہے۔ اسی لئے تمام فتابو اشارات ایک ڈب جسے قلابو مرکز^۳ کہتے ہیں، تمام داخلی اور حنارجی ادوار ایک ڈب جسے دخول و خروج مرکز^۴ کہتے ہیں، وغیرہ، میں نہیں رکھے گئے ہیں۔

شکل ۱.۱۲ میں پیش کئی دفاتر آپ پہلے سے جانتے ہیں۔ ہر ڈب کی مختصر خصوصیات بیان کرتے ہیں؛ ان پر تفصیلی گفتگو بعد میں کی جائے گی۔

tri-state^۱
two-state^۲
control unit^۳
input-output unit^۴



$C_p E_p \overline{L}_M \overline{CE} \overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L}_A E_A S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O$

شکل ۱۲.۱: سادہ ترین کمپیوٹر کی بناوٹ

ہدایت گنت کار

حافظہ کے شروع میں برنامہ^۵ (پروگرام) رکھا جاتا ہے۔ پہلا ہدایت شنائی پتہ 0000 پر، دوسرا ہدایت پتہ 0001، اور تیسرا ہدایت 0010 پر ہوگا۔ ہدایت گنتے کار^۶، جو تباو مسرکز کا حصہ ہے، 0000 تا 1111 گردان کرتا ہے۔ اس کا کام حافظہ کو وہ پتہ فراہم کرنا ہے جس سے اگلا ہدایت پڑھ کر عمل میں لایا جائے گا۔ یہ کام درج ذیل طریقے سے سرانجام ہوگا۔

کمپیوٹر کی ہر دوڑ سے قبل ہدایت گنت کار 0000 کر دیا جاتا ہے۔ جب کمپیوٹر کی دوڑ شروع ہوتی ہے ہدایت گنت کار حافظہ کو پتہ 0000 فراہم کرتا ہے۔ اس کے بعد ہدایت گنت کار ایک قدم بڑھا کر 0001 کر دیا جاتا ہے۔ پہلا ہدایت (مقام 0000 سے) پڑھ کر اس پر عمل کیا جاتا ہے، جس کے بعد ہدایت گنت کار حافظہ کو پتہ 0001 بھیجتا ہے اور ہدایت گنت کار ایک قدم بڑھا کر 0010 کر دیا جاتا ہے۔ دوسرا ہدایت پڑھنے اور اس پر عمل کرنے کے بعد ہدایت گنت کار حافظہ کو 0010 پتہ بھیجتا ہے۔ اس طرح، ہدایت گنت کار ہر وقت اگلی ہدایت پر نظر جمائے رکھتا ہے۔

گویا ہدایت گنت کار اس شخص کی طرح ہے جو ہدایت کی فہرست کی طرف اشارہ کرتے ہوئے کہتا ہے یہ کام پہلے کریں، یہ کام دوسرے نمبر پر کریں، یہ تیسرے نمبر پر کریں، وغیرہ۔ اسی لئے ہدایت گنت کار بعض اوقات اشارہ گر کہلاتا ہے؛ یہ حافظہ میں اس مقام کی طرف اشارہ کرتا ہے جہاں کوئی اہم معلومات درج ہوگی۔

برنامہ نویس اور دفتر پتہ

ہدایت گنت کار کے نیچے برنامہ نویس اور دفتر پتہ کا ڈب ہے۔ شکل ۲.۱۲ میں برنامہ نویس پیش ہے (صفحہ ۲۲۸ پر شکل ۱۹.۹ سمجھیں) جس کے ذریعے سوئچوں کی مدد سے عارضی حافظہ کو 4 پتہ اور 8 مواد پتہ فراہم کر کے بھرا جاتا ہے۔ یاد رہے کمپیوٹر کی (بامقصد) دوڑ سے قبل عارضی حافظہ میں برنامہ لکھنا لازمی ہے۔ یہ دور جو

حافظے کے پتہ کا دفتر (دفتر پتہ) اس کمپیوٹر کے عارضی حافظے کا حصہ ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران، ہدایت گنت کار میں موجود پتہ اس (دفتر پتہ) میں نقل کیا جاتا ہے۔ دفتر پتہ چند لمحوں بعد یہ پتہ عارضی حافظہ کو فراہم کرتا ہے، جہاں سے اگلی ہدایت پڑھی جاتی ہے۔

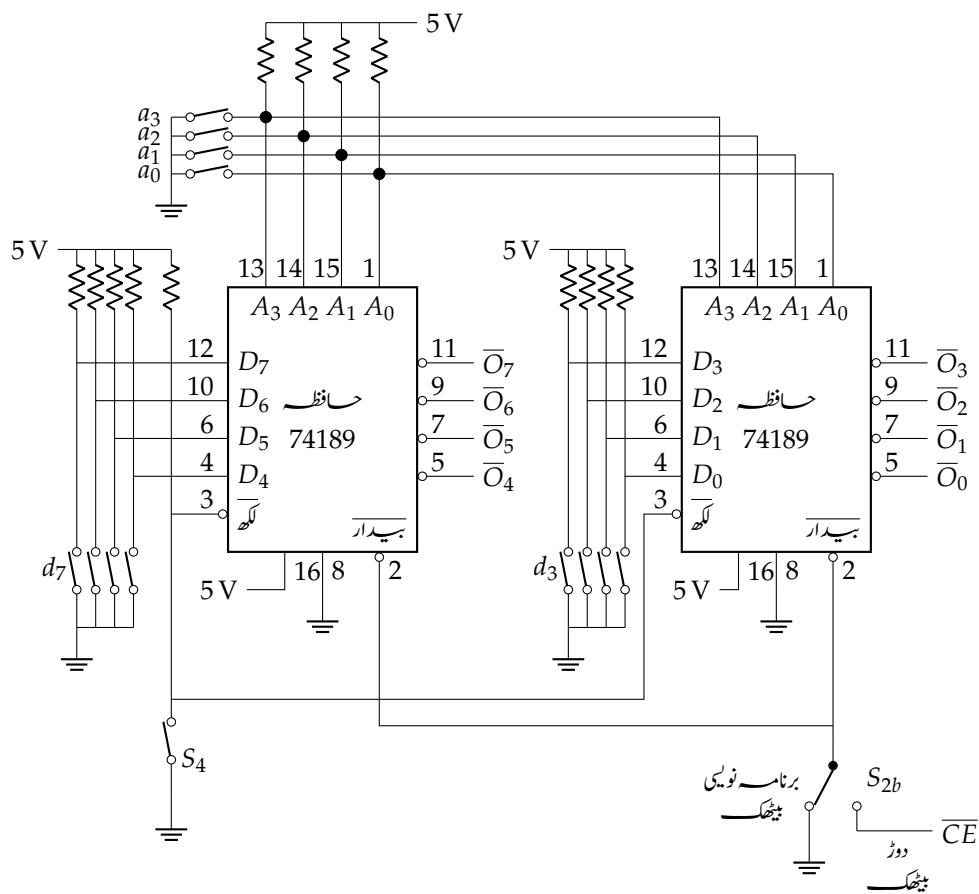
عارضی حافظہ

کمپیوٹر کی دوڑ سے قبل 8×16 عارضی حافظہ میں ہدایت اور درکار مواد لکھا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران، حافظہ کو دفتر پتہ 4 پتہ فراہم کرتا ہے؛ جہاں سے ہدایت یا مواد پڑھ کر W گزرگاہ پر رکھ دیا جاتا ہے جسے کمپیوٹر کا کوئی دوسرا حصہ استعمال کر سکتا ہے۔ عارضی حافظہ کے محارج O_0 تا O_7 آٹھ برقی تاروں کے ذریعے کمپیوٹر کے باقی حصوں کے ساتھ جبراً ہے۔ ان آٹھ تاروں کو W گزرگاہ کہتے ہیں۔

^۵ program

^۱ program counter

^۶ pointer



شکل ۱۲.۲: برنامہ نویس

دفتربدایت

فتابو سرکز کا ایک **دفتربدایت**^۸ ہے۔ حافظے سے بدایت پڑھنے کی حناطر کمپیوٹر جو عمل سرانجام دیتا ہے اس کو بدایت پڑھ **عمل**^۹ کہتے ہیں۔ حافظے کے حناطب معتام پر موجود بدایت (یا مواد) کو یہ عمل W گزرگاہ پر رکھتا ہے۔ ساتھ ہی ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر دفتربدایت بھرائی کے لئے تیار کر دیا جاتا ہے۔

دفتربدایت میں موجود معلومات کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ نچلے (زیریں) چارہٹ سہ حالی حنارج ہے جو بوقت ضرورت W گزرگاہ پر ڈال دیا جاتا ہے جبکہ بالا چارہٹ دو حالی حنارج ہے جو سیدھا فابو ترتیب کار کو مہیا کیا جاتا ہے۔

فتابو ترتیب کار

کمپیوٹر کی ہر دوڑے قبل بدایت گنت کار کو \overline{CLR} اور دفتربدایت کو CLR اشارہ بھیجا جاتا ہے، جو بدایت گنت کار 0000 کرتا ہے اور دفتربدایت میں موجود بدایت زائل کرتا ہے۔

تمام مستحکم کار دفتربو ساعتی اشارہ CLK بھیجا جاتا ہے جو کمپیوٹر کے مختلف اعمال ہم قدم کرتے ہوئے یقینی بناتا ہے کہ سب کچھ اپنے اپنے وقت پر ہو۔ دوسرے لفظوں میں، دفتربو ساعتی اشارہ CLK کا تبادلہ مشترک ساعت CLK کے مثبت کنارے پر ہو۔ دھیان رہے، بدایت گنت کار کو \overline{CLK} اشارہ بھی منراہم کیا گیا ہے۔

فتابو ترتیب کار 12 ہٹ لفظ حنارج کرتا ہے جو باقی کمپیوٹر کو فابو کرتا ہے۔ وہ 12 برقی تار جن پر یہ لفظ ترسیل ہوتا ہے **قالبو گزرگاہ**^{۱۰} کہلاتا ہے۔ بارہ ہٹ فابو لفظ درج ذیل ہے۔

$$\text{فتابو لفظ} = C_P E_P \bar{L}_M \bar{C}\bar{E} \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O$$

ساعت CLK کے اگلے مثبت کنارے پر دفتربو ساعتی اشارہ اس لفظ کے تحت ہوگا۔ مثلاً، بلند E_P اور پست \bar{L}_M کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر بدایت گنت کار کی معلومات دفتربو ساعتی اشارہ میں نقل ہو گی۔ اسی طرح، پست $\bar{C}\bar{E}$ اور پست \bar{L}_A کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر دفتربو ساعتی اشارہ عارضی حافظے کا حناطب لفظ نقل ہوگا۔ انتقال مواد کی وقتیہ ترسیلات پر غور (جس سے ہم حنا پائیں گے یہ انتقال کیسے اور کب ہوں گے) بعد میں کیا جائے گا۔

دفتربو A

کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران حاصل نتائج دفتربو A میں ذخیرہ کیے جاتے ہیں۔ شکل ۱۲.۱۲ میں A کے دو حنارج دکھائے گئے ہیں۔ اس کا دو حالی حنارج سیدھا جمع و منفی کار کو جاتا ہے۔ تین حالی حنارج W گزرگاہ کو جاتا ہے۔ یوں A کا آٹھ ہٹ لفظ جمع و منفی کار کو مسلسل منراہم ہوگا؛ یہی لفظ بلند E_A کی صورت میں W گزرگاہ پر بھی ڈالا جائے گا۔

^۸ instruction register
^۹ memory read operation
^{۱۰} control bus

جمع و منفی کار

یہاں تسملہ 2 کا جمع و منفی کار مستعمل ہے۔ پست S_U کی صورت میں شکل ۱۲.۱ میں جمع و منفی کار کا محسارن درج ذیل ہوگا۔

$$S = A + B$$

بلند S_U کی صورت میں جمع و منفی کار درج ذیل دیگا جہاں B' سے مراد B کا اس 2 تسملہ ہے۔ (یاد رہے، 2 کا تسملہ علامت تبدیل کرنے کے مترادف ہے۔)

$$S = A + B'$$

جمع و منفی کار غیر معاصر ہے (یعنی اس کی کارکردگی ساعت پر منحصر نہیں)؛ یوں جیسے ہی داخلہ الفاظ تبدیل ہوں، اس کا محسارن تبدیل ہوگا۔ بلند E_U کی صورت میں یہ محسارن W گزرگا ہر ڈالا جانے گا۔

دفتر B

دفتر B حالی اعمال میں استعمال کیا جاتا ہے۔ پست L_B کی صورت میں ساعت کے ثبت کنارے پر W گزرگا ہر موجود لفظ B میں نقل ہوگا۔ دفتر B کا دو حالی محسارن مسلسل جمع و منفی کار کو منراہم کیا جاتا ہے۔ یہ عدد A میں موجود عدد کے ساتھ جمع یا اس سے منفی ہوگا۔

حسارجی دفتر

کسی بھی مسئلے کو حل کرنے کے بعد حاصل نتیجہ دفتر A میں ہوگا۔ یہ نتیجہ بیرونی دنیا کو بتانا مقصود ہوگا۔ یہ کام خارجہ دفتر کے سپرد ہے۔ بلند E_A اور پست L_O کی صورت میں ساعت کے اگلے ثبت کنارے پر A میں موجود معلومات حسارجی دفتر میں نقل کی جاتی ہے۔

چونکہ حسارجی دفتر کے ذریعہ مواد کمپیوٹر سے باہر منتقل ہوتا ہے لہذا اسے عموماً خارجہ روزانہ^{۱۲} بھی کہتے ہیں۔ حسارجی روزانہ ملاچے ادوار^{۱۳} سے منسلک ہوگا جو بیرونی آلات مثلاً پرنٹر^{۱۴}، سات کلی نمائشی تختی، کمپیوٹر کاشیشہ، وغیرہ چلاتے ہیں۔

شانی نمائشی تختی

شانی نمائشی تختی آٹھ نوری ڈایوڈ^{۱۵} پر مبسنی ہے۔ حسارجی روزانہ کے ہر بت کے ساتھ ایک نوری ڈایوڈ منسلک ہے۔ یوں شانی نمائشی تختی پر حسارجی دفتر میں موجود معلومات شانی روپ میں نظر آئے گی۔

خلاصہ

اس کمپیوٹر کا فتا بو مرکز ہدایت گنت کار، ہدایت دفتر، اور فتا بو و ترتیب کار (جو فتا بو لفظ، ساعت CLK ، اور زائل اشارہ CLR پیدا کرتا ہے) پر مشتمل ہے۔ کمپیوٹر کا حبابی مرکز^{۱۶} دفتر A ، دفتر B ، اور جمع و منفی کار پر مشتمل

output register^{۱۱}
output port^{۱۲}
interface circuits^{۱۳}
printer^{۱۴}
LED^{۱۵}
arithmetic logic unit, ALU^{۱۶}

ہے۔ کمپیوٹر کا حافظہ دفتر پتہ اور 16×8 عارضی حافظہ پر مشتمل ہے۔ درآمدی سوئچ، خارجی روزن، اور شنائی نمائندگی سختی مسل کرد خول و خسروچ مرکز دیتے ہیں۔

۱۲.۲ ہدایات کی فہرست

کمپیوٹر کی بامقصد دوڑ سے قبل اس کے حافظہ میں ہدایات قدم با قدم بھرنا لازم ہے۔ البتہ، ایسا کرنے سے پہلے آپ کو یہ ہدایات جاننی ہوگی۔ ان ہدایات سے مراد وہ اعمال ہیں جو یہ کمپیوٹر سرانجام دے سکتا ہے۔ اس کمپیوٹر کی ہدایات کی فہرست پر اب غور کرتے ہیں۔ ہدایات کا مجموعہ کمپیوٹر کی مادری زبان^۱ کہلاتا ہے۔

نقل الف

حافظہ کے مقام 0000_2 پر موجود معلومات کو ہم R_0 کہتے ہیں، مقام 0001_2 پر R_1 ہوگا، وغیرہ۔ یوں R_0 مقام $0H$ پر محفوظ ہے، R_1 پتہ $1H$ پر، R_2 پتہ $2H$ پر، وغیرہ، جہاں $0H$ سے مراد 0_{16} ہے۔ اساس 16 اعداد کے آخر میں زیر نوشتہ 16 لکھنے کی بجائے ہم عدد کے آخر میں H لکھتے ہیں۔

نقل الف اس کمپیوٹر کی ایک ہدایت ہے جو کہتی ہے دفتر الف میں مواد نقل کریں۔ پوری ہدایت میں اس مواد کا اساس سولہ پتہ بھی دیا جاتا ہے جو دفتر A میں بھرا جائے گا، لہذا مکمل ہدایت درج ذیل ہے جو جدول ۱.۱۲ میں پیش ہے۔

نقل الف پتہ

یوں ”نقل الف $8H$ “ کہتی ہے کہ عارضی حافظہ کے پتہ $8H$ پر درج معلومات کو دفتر A میں نقل کریں۔ اس ہدایت پر عمل کرنے کے بعد دفتر A میں اور حافظہ کے مقام $8H$ پر ایک جیسا مواد پایا جائے گا۔ یوں درج ذیل صورت میں

$$R_8 = 1111\ 0000$$

جو کہتی ہے مقام R_8 پر شنائی معلومات 1111 0000 محفوظ ہے، ذیل ہدایت

$$8H \quad \text{نقل الف}$$

پر عمل کرنے کے بعد درج ذیل ہوگا۔

$$A = 1111\ 0000$$

آپ نے دیکھا یہ ہدایت دفتر A میں معلومات نقل کرتے ہوئے حافظہ میں درج معلومات پر اثر انداز نہیں ہوتی۔

اسی طرح ”نقل الف AH “ مقام 10_{10} سے دفتر A میں معلومات نقل کرے گی، اور ”نقل الف FH “ مقام F_{16} سے معلومات دفتر A میں نقل کرے گی۔

جمع

کمپیوٹر کی یہ ہدایت دو اعداد جمع کرنے کو کہتی ہے۔ پہلا عدد دفتر A میں ہوگا جبکہ دوسرے عدد کا پتہ مکمل ہدایت میں شامل ہوگا؛ نتیجہ دفتر A میں محفوظ ہوگا، لہذا دفتر A میں پہلے سے موجود مواد زائل ہوگا۔ یوں اگر دفتر A میں 2_{10} اور حافظہ کے مقام $9H$ پر 3_{10} ہو:

$$A = 0000\ 0010$$

$$R_9 = 0000\ 0011$$

تب ذیل ہدایت

جمع $9H$

پر عمل کرنے کے لئے درج ذیل اقدام پر عمل کرنا ہوگا۔ پہلے قدم پر، دفتر B میں R_9 ڈالاجائے گا:

$$B = 0000\ 0011$$

جس کے فوراً بعد جمع و منفی کار الف اور ب کا مجموعہ

$$\text{مجموعہ} = 0000\ 0101$$

معلوم کرتا ہے۔ دوسرے قدم پر، یہ مجموعہ دفتر A میں ڈالاجاتا ہے۔

$$A = 0000\ 0101$$

جب بھی ”جمع“ کی ہدایت پر عمل کیا جائے درج بالا اقدام اٹھانے ہوں گے؛ دیے گئے پتے سے مواد دفتر B میں ڈال کر جمع و منفی کار سے مجموعہ حاصل کرنے کے بعد نتیجہ دفتر A میں ڈالاجاتا ہے۔ چونکہ دفتر A میں پہلے سے موجود مواد کے اوپر نیا مواد (حاصل جمع) لکھا جاتا ہے لہذا دفتر A کا پرانا مواد زائل ہوگا۔ اسی طرح چونکہ دفتر B میں دیے گئے پتے کا مواد ڈالا گیا جاتا ہے لہذا دفتر B کا پرانا مواد بھی زائل ہوگا۔ اس طرح ”جمع $9H$ “ پر عمل کرنے سے دفتر A کا مواد اور R_9 کا مجموعہ دفتر A میں حاصل ہوگا۔ ”جمع FH “ پر عمل کے بعد دفتر A میں R_F اور دفتر A کا مجموعہ پایا جائے گا۔

منفی

دو اعداد منفی کرنے کے لئے کمپیوٹر کی ہدایت منفی ہے جو دفتر A میں موجود عدد دے دیا گیا عدد منفی کر کے نتیجہ دفتر A میں دے گی۔ مکمل ہدایت میں منفی ہونے والے عدد کے مقام کا پتہ بھی شامل ہوگا۔

منفی پتہ

یوں ”منفی CH “ کا مطلب ہے دفتر A میں موجود مواد سے حافظہ کے مقام CH پر موجود مواد R_C منفی کر کے نتیجہ دفتر A میں ڈالیں۔

جدول ۱۲.۱: کمپیوٹر کی مادری زبان کی ہدایت

عمل	ہدایت
دفتر A میں حافظہ سے مواد نقل کریں	نقل الف پت
دفتر A کے ساتھ حافظہ کا مواد جمع کریں	جمع پت
دفتر A سے حافظہ کا مواد منفی کریں	منفی پت
دفتر A کا مواد خارجی دفتر میں ڈالیں	برآمد
کام کرنا روک دیں	رک

مثال کی خاطر فرض کریں دفتر A میں اعشاری 7 اور حافظہ کے مقام CH پر اعشاری 3 پایا جاتا ہے۔

$$A = 0000\ 0111$$

$$R_C = 0000\ 0011$$

”منفی CH“ پر عمل درج ذیل اقدام اٹھانے سے ہوگا۔ پہلے قدم پر، دفتر B میں R_C ڈالا گیا جاتا ہے:

$$B = 0000\ 0011$$

جس کے فوراً بعد جمع و منفی کار دفتر A اور ب کا منفرق:

$$\text{منفرق} = 0000\ 0100$$

معلوم کرتا ہے۔ دوسرے قدم پر یہ منفرق دفتر A میں ڈالا جاتا ہے۔

$$A = 0000\ 0100$$

منفی کی تمام ہدایت پر عمل درج بالا اقدام کے ذریعہ ہوگا؛ دیے گئے پتہ پر موجود مواد حافظہ سے دفتر B میں ڈال کر جمع و منفی کار کو مہیا کیا جاتا ہے جو فوراً ان کا منفرق معلوم کرتا ہے۔ یہ منفرق دفتر A میں ڈالا جاتا ہے۔ یوں ”منفی CH“ پر عمل کرتے ہوئے R_C کو دفتر A سے منفی کر کے نتیجہ دفتر A میں ڈالا جائے گا۔ ”منفی EH“ مقام EH پر موجود مواد R_E کو دفتر A سے منفی کر کے نتیجہ دفتر A میں ڈالتا ہے۔

برآمد

کمپیوٹر کی ہدایت برآمد کہتی ہے دفتر A کا مواد خارجی دفتر میں ڈالیں۔ اس ہدایت پر عمل کرنے کے بعد دفتر A کا مواد کمپیوٹر سے باہر دستیاب ہوگا جہاں سے آپ نتیجہ دیکھ سکتے ہیں۔

اس ہدایت پر عمل کرنے کے لئے حافظہ سے رجوع کرنے کی ضرورت نہیں لہذا اس ہدایت میں پتہ درکار نہیں ہے۔

رک

یہ ہدایت، جو برنامے کی آخری ہدایت ہوگی، کمپیوٹر کو مزید ہدایات پر عمل کرنے سے روکتی ہے۔ یہ ہدایت، جملہ مکمل ہونے کے بعد (جملے کے آخر میں) ختمہ^{۱۸} کے مترادف ہے۔ ہر برنامے کے آخر میں یہ ہدایت ضروری ہے؛ ورنہ کمپیوٹر بے باق دوڑتا رہے گا اور بے مقصد (اور غلط) نتائج فراہم کرتا رہے گا۔

رک کی ہدایت از خود مکمل ہے۔ اس پر عمل کرنے کی خاطر حافظے سے رجوع کرنے کی ضرورت نہیں لہذا اس ہدایت میں پتے کی شمولیت نہیں ہوگی۔

حافظے سے رجوع کرنے والے راجع ہدایات

نقل الف، جمع، اور منفی کی ہدایات حافظے سے رجوع کرتی ہیں لہذا یہ راجع ہدایت^{۱۹} کہلاتی ہیں۔ اس کے برعکس برآمد اور رک حافظے سے رجوع نہیں کرتی ہیں لہذا یہ ہدایات غیر راجع ہیں۔

8080 اور 8085

وسیع پیمانے پر استعمال ہونے والا پہلا خردو عامل کار^{۲۰} (مائیکروپراسیسر) 8080 تھا۔ اس کی کل 72 ہدایات ہیں۔ اس خردو عامل کار 8085 ہے جو انہیں ہدایات پر چلتا ہے۔ اس باب کے سادہ ترین کمپیوٹر کو حقیقتاً فعال استعمال بنانے کی غرض سے ہم اس کی ہدایات کو 8080/8085 کی ہدایت کے ہم آہنگ بناتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں نقل، جمع، منفی، برآمد، اور رک 8080/8085 کے بھی ہدایات ہیں۔

مثال ۱۲.۱: سادہ ترین کمپیوٹر کا ایک برنامہ پیش ہے۔

پتہ	ہدایت
0H	نقل 9H
1H	جمع AH
2H	جمع BH
3H	منفی CH
4H	برآمد
5H	رک

حافظے میں برنامے سے اوپر درج ذیل مواد پایا جاتا ہے۔

^{۱۸}fullstop
^{۱۹}memory-reference instructions
^{۲۰}microprocessor

پتہ	مواد
6H	FFH
7H	FFH
8H	FFH
9H	01H
AH	02H
BH	03H
CH	04H
DH	FFH
EH	FFH
FH	FFH

یہ ہدایات کیسے کریں گے؟

حل: برنامہ نیچے حافظہ میں 0H تا 5H مقامات پر رکھا گیا ہے۔ پہلی ہدایت حافظہ کے مقام 9H سے مواد 01H دفتر A میں منتقل کرتی ہے۔

$$A = 01H$$

دوسری ہدایت مقام AH کا مواد دفتر A کے ساتھ جمع کر کے نتیجہ دفتر A میں ڈالتی ہے۔

$$A = 01H + 02H = 03H$$

تیسری ہدایت حافظہ کے مقام BH کے مواد کو دفتر A (جس میں اس وقت 03H موجود ہے) کے ساتھ جمع کر کے نتیجہ دفتر A منتقل کرتی ہے۔

$$A = 03H + 03H = 06H$$

چوتھی ہدایت مقام CH کے مواد کو دفتر A سے منفی کر کے نتیجہ دفتر A میں ڈالتی ہے۔

$$A = 06H - 04H = 02H$$

پانچویں ہدایت دفتر A کے مواد کو حارجی دفتر میں منتقل کرتی ہے۔ حارجی دفتر کے ساتھ شنائی نمائشی تختی منسلک ہے جس پر یہ مواد شنائی روپ میں نظر آئے گا۔ یوں نوری ڈیٹا پوزیٹو ڈرج ذیل دکھائیں گے۔

$$0000\ 0010$$

□

آخری ہدایت رکے ہے جو کمپیوٹر کو مزید ہدایات پر عمل کرنے سے روکتی ہے۔

۱۲.۳ کمپیوٹر کی برنامہ نویسی

کمپیوٹر حافظہ میں ہدایات اور مواد بھرنے کے لئے ہمیں ایسی زبان استعمال کرنی ہوگی جو کمپیوٹر سمجھ سکے۔ جدول ۲.۱۲ میں کمپیوٹر کے ہدایتی رموز^{۲۱} پیش ہیں۔ یوں ”نقل الف“ کی ہدایت کے لئے کمپیوٹر 0000 کاشنائی رمز استعمال کرتا

^{۲۱} operation codes, op codes

جدول ۱۲.۲: سادہ ترین کمپیوٹر کے رموز

ہدایت	ہدایتی رموز
قتل	0000
جمع	0001
منفی	0010
برآمد	1110
رک	1111

ہے۔ ”جمع“ کے لئے 0001، ”منفی“ کے لئے 0010، ”برآمد“ کے لئے 1110، اور ”رک“ کے لئے 1111 استعمال ہوگا۔

جیسا پہلے ذکر کیا گیا، (صفحہ ۲۲۷ پر مثال ۱.۹ دیکھیں) برنامہ نویس (شکل ۲.۱۲) سوئچ کے ذریعہ حافظہ میں معلومات ڈالتا ہے۔ ان سوئچ کو یوں استعمال کیا گیا ہے کہ کھنڈ (منقطع) سوئچ 1 اور بیٹھا (غیر منقطع یا چالو) سوئچ 0 دیتا ہے۔ برنامہ نویسی کے دوران سوئچ d_4 تا d_7 ہدایت کے رموز کے مطابق رکھے جاتے ہیں جبکہ d_0 تا d_3 ہدایت کے باقی زیر عمل^{۲۲} حصہ کے مطابق رکھے جاتے ہیں۔

مثلاً، مندرجہ ذیل ہدایت حافظہ میں بھرنے کے لئے ہیں۔

پتہ	ہدایت
0H	قتل FH
1H	جمع EH
2H	رک

سب سے پہلے ایک ایک ہدایت کاشنائی روپ حاصل کرتے ہیں۔

0000 1111	=	FH	قتل
0001 1110	=	EH	جمع
1111 xxxx	=		رک

پہلی ہدایت ”قتل FH“ ہے جس کے دو حصے ہیں۔ اس کا پہلا حصہ ہدایت ”قتل“ ہے جس کاشنائی رموز 0000 ہے؛ اس کا دوسرا حصہ FH ہے جو اس مقام کا پتہ ہے جہاں سے مواد لیا جائے گا۔ یہ ہدایت کا زیر عمل^{۲۳} حصہ ہے۔ اس پتہ کاشنائی مثال 1111 ہے۔ یوں ”جمع FH“ کی جگہ ان کے کاشنائی مثال جوڑ کر 0000 1111 حاصل کیا گیا ہے۔ دوسری ہدایت میں جمع کا رموز 0001 اور زیر عمل حصہ EH کاشنائی مثال 1110 ہے۔ ان کو ساتھ ساتھ لکھ کر 0001 1110 حاصل کیا گیا ہے۔ آخری ہدایت میں رک کا رموز 1111 ہے جبکہ اس کا کوئی زیر عمل حصہ نہیں پایا جاتا، لہذا زیر عمل حصہ غیر مطلوب ہے جس

میں کچھ بھی لکھ جاسکتا ہے۔ اس غیر مطلوبہ حصہ کو xxxx سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں 1111 xxxx حاصل کیا گیا ہے۔

اب S_{2b} کو ”برنامہ نویسی پیٹھک“ پر بٹھا کر (یعنی اس کا بازو زمین کے ساتھ جوڑ کر) پتہ اور مواد کے سوئچ قدم یا قدم درج ذیل رکھیں، جہاں ”ک“ سے مراد کھڑا یعنی منقطع سوئچ ہے جو 1 ظاہر کرتا ہے، ”ب“ سے مراد بیٹھا یا غیر منقطع (چالو) سوئچ ہے جو 0 ظاہر کرتا ہے، اور ”x“ سے مراد غیر دلچسپ حالت ہے جس میں سوئچ کسی بھی حالت (منقطع یا غیر منقطع) میں ہو سکتا ہے۔

مواد	پتہ
ک ک ک ک ک ک ک ب	ب ب ب ب ب ب ب
ب ک ک ک ک ک ک ب	ک ب ب ب ب ب ب
ک ک ک ک ک ک ک ب	ب ک ب ب ب ب ب
x x x x	

S_4 دا بے بنام 2^4 ہے جو دبانی سے بیٹھتا اور چھوڑنے سے اٹھتا ہے۔ آزاد (بغیر دبائے گئے) حالت میں دا بے بنام کھڑا رہتا ہے۔ ہر قدم پر پتہ اور مواد سوئچ مطلوبہ حالت میں رکھ کر S_4 لمحاتی بٹھا کر واپس اٹھنے دیا جاتا ہے تاکہ مطلوبہ پتے پر مواد لکھی جائے۔ تینوں پتے پر مواد لکھنے کے بعد S_{2b} کو ”دوڑ پیٹھک“ پر بٹھائیں (یعنی اس کے بازو کو زمین کی بجائے ”دوڑ“ کے معام پر رکھیں جو \overline{CE} اشارے سے جڑا ہے)۔ حافظہ کے ابتدائی تین معامات پر اب درج ذیل پایا جائے گا۔

مواد	پتہ
0000 1111	0000
0001 1110	0001
1111 xxxx	0010

آپ نے دیکھا کہ ہم کمپیوٹر کی مادری زبان میں اردو کے الفاظ مثلاً ”نقل“، اور ”جمع“ استعمال کر کے کمپیوٹر کو ہدایات جاری کرتے ہیں۔ کمپیوٹر از خود ”شعائی زبان“ سمجھتا ہے جو **مشینی زبان**^{۲۵} کہلاتی ہے۔ مشینی زبان میں 0 اور 1 سے الفاظ بنائے جاتے ہیں۔ درج ذیل مثال ان زبانوں میں فرق اجاگر کرتا ہے۔

مثال ۱۲.۲: گزشتہ مثال میں دیے گئے برنامے کا ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔

حل: مثال ۱۲.۱ کا برنامہ جو مادری زبان میں ہے ذیل ہے۔

ہدایت	پتہ
نقل 9H	0H
جمع AH	1H
جمع BH	2H
منفی CH	3H
برآمد	4H
رک	5H

اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔

ہدایت	پتہ
0000 1001	0000
0001 1010	0001
0001 1011	0010
0010 1100	0011
1110 xxxxx	0100
1111 xxxxx	0101

اس شناختی برنامہ میں ہدایت کے چار بلند ترین بتیہٹ ”عمل“ کو ظاہر کرتے ہیں جبکہ چار کم ترین بتیہٹ ”پتہ“ فراہم کرتے ہیں۔ بعض اوقات ہم چار بلند ترین بتیہٹ کو جزو ہدایت^{۲۶} اور چار کم ترین بتیہٹ کو جزو پتہ^{۲۷} کہتے ہیں۔

$$\underbrace{\text{XXXX}}_{\text{جزو پتہ}} \underbrace{\text{YYYY}}_{\text{جزو ہدایت}} = \text{ہدایت}$$

□

مثال ۱۲.۳: درج ذیل حساب کرنے کے لئے کمپیوٹر کا برنامہ لکھیں۔ تمام اعداد اعشاری ہیں۔

$$16 + 20 + 24 - 32$$

حل: گزشتہ مثال کا برنامہ لے کر حافظہ کے مقام 9H تا CH میں بالترتیب مواد 16، 20، 24، اور 32 کے اساس سولہ مثال لکھ کر درج ذیل مطلوبہ برنامہ حاصل ہوگا۔ (اعشاری 16 کا اساس سولہ مثال 10H ہے۔)

^{۲۶} instruction field
^{۲۷} address field

پت	ہدایت
0H	نفسل 9H
1H	جمع AH
2H	جمع BH
3H	منفی CH
4H	برآمد
5H	رک
6H	XX
7H	XX
8H	XX
9H	10H
AH	14H
BH	18H
CH	20H
DH	XX
EH	XX
FH	XX

اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔

پت	ہدایت
0000	0000 1001
0001	0001 1010
0010	0001 1011
0011	0010 1100
0100	1110 xxxx
0101	1111 xxxx
0110	xxxx xxxx
0111	xxxx xxxx
1000	xxxx xxxx
1001	0001 0000
1010	0001 0100
1011	0001 1000
1100	0010 0000
1101	xxxx xxxx
1110	xxxx xxxx
1111	xxxx xxxx

یاد رہے برنامے کی پہلی ہدایت حافظہ کے معتام 0000 سے پڑھی جاتی ہے، دوسری معتام 0001 سے پڑھی جاتی ہے، وغیرہ، لہذا برنامہ زیریں حافظہ میں اور مواد بالا میں رکھا گیا ہے۔ غیر متعلقہ مقامات میں معلومات کو xxxx xxxx دکھایا گیا ہے۔

□

مثال ۱۲.۴: درج بالا مثال میں حاصل شدہ برنامہ کو اس سولہ کے روپ میں لکھیں۔ شائع روپ کی بجائے ہم عموماً برنامے کا اس سولہ روپ استعمال کرتے ہیں۔
حل:

پت	ہدایت
0H	09H
1H	1AH
2H	1BH
3H	2CH
4H	EXH
5H	FXH
6H	XXH
7H	XXH
8H	XXH
9H	10H
AH	14H
BH	18H
CH	20H
DH	XXH
EH	XXH
FH	XXH

اس سولہ میں لکھی گئی زبان بھی مشینی زبان کہلاتی ہے۔

مشینی زبان میں منفی عدد کا اس 2 تکملہ استعمال کیا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر، 03H - کی بجائے FDH حافظہ میں ڈالا جائے گا۔
□

۱۲.۴ بازیابی پھیرا

کمپیوٹر کی خود کار کردگی کا دار و مدار ”فتابو مرکز“ پر ہے۔ حافظہ سے باری باری ایک ہدایت اٹھانے اور اس پر عمل کرنے کے احکامات فتابو مرکز جاری کرتا ہے۔ ہدایت اٹھانے اور اس پر عمل کرنے کے دوران کمپیوٹر مختلف وقتیہ حالت^{۲۸} (T حال) سے گزرتا ہے، جس میں دفاتر کا مواد تبدیل ہوتا ہے۔ انہیں وقتیہ حال پر غور کریں۔

چھلا گنت کار

اس کمپیوٹر میں چھلا گنت کار مستعمل ہے جو شکل ۱۲.۳ میں پیش ہے۔ مخلوط دور 74107 میں دو عدد بے کے پلٹ کار پائے جاتے ہیں لہذا تین مخلوط دور استعمال کیے گئے۔ اس مخلوط دور میں زبردستی پت کا مداحل موجود ہے، تاہم اس میں زبردستی بلند کا مداحل موجود نہیں۔ استعمال سے پہلا ایک مرتبہ چھلا گنت کار

^{۲۸} timing states

کو ابتدائی حال میں لانا ضروری ہے جس میں صرف ایک مخارج بلند ہو۔ زبردستی پست مداحل پلٹ کے مخارج پس کرتا ہے جبکہ ہمیں ایک مخارج بلند چاہیے۔ اسی لئے بائیں ترین پلٹ باقی سے مختلف طریقے سے استعمال کیا گیا ہے۔ پست حال میں اس کا \bar{Q} بلند ہوگا جو ساعت کے کنارہ اترائی پر اگلی پلٹ کو منتقل ہوگا۔

شکل ۳.۱۲۔ ب میں گنت کار کی ڈبہ شکل جبکہ شکل-د میں ساعت اور وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ چھلا گنت کار کا مخارج درج ذیل ہے۔

$$T = T_6 T_5 T_4 T_3 T_2 T_1$$

کمپیوٹر کی دوڑ کے آغاز میں چھلا لفظ درج ذیل ہوگا۔

$$T = 000001$$

یک بعد دیگرے ساعت کی دھڑکن ذیل چھلا الفاظ پیدا کرتا ہے۔

$$T = 000010$$

$$T = 000100$$

$$T = 001000$$

$$T = 010000$$

$$T = 100000$$

اس کے بعد چھلا گنت کار 000001 پہنچتا ہے اور دوبارہ چکر کاٹنا شروع کرتا ہے۔ یہ عمل مسلسل چلتا ہے۔ ہر ایک چھلا لفظ ایک T پھیلا اظہار کرتا ہے۔

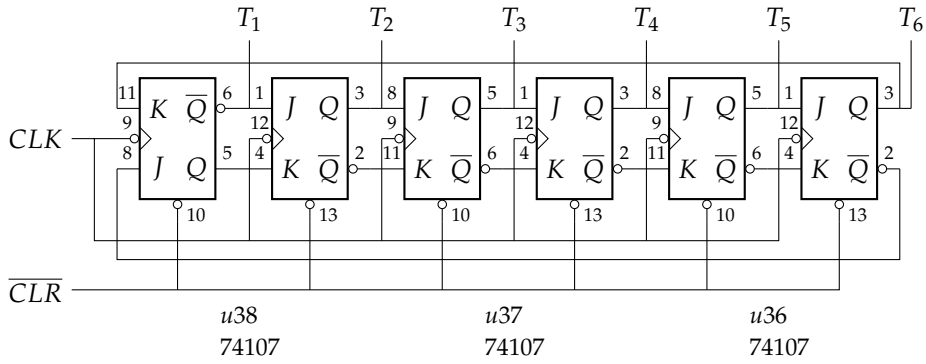
شکل-ج میں وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ ابتدائی T_1 حال کا آغاز ساعت کے پہلے کنارہ اترائی پر اور اختتام اگلے کنارہ اترائی پر ہوگا۔ اس T حال میں چھلا گنت کار کا T_1 بٹ بلند رہے گا۔

اگلے حال میں T_2 بلند ہوگا؛ اس سے اگلے میں T_3 ؛ اس کے بعد T_4 ؛ وغیرہ۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں چھلا گنت کار چھ T حال پیدا کرتا ہے۔ ان چھ T حال کے دوران (ہر) ایک ہدایت اٹھایا جاتا ہے اور اس پر عمل کیا جاتا ہے۔

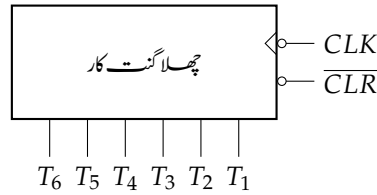
جیسا دکھایا گیا ہے، ساعت کا کنارہ چپڑھائی نصف T حال گزرنے کے بعد (یعنی وسط میں) آتا ہے۔ یہ ایک اہم حقیقت ہے جس پر جلد روشنی ڈالی جائے گی۔

پست حال

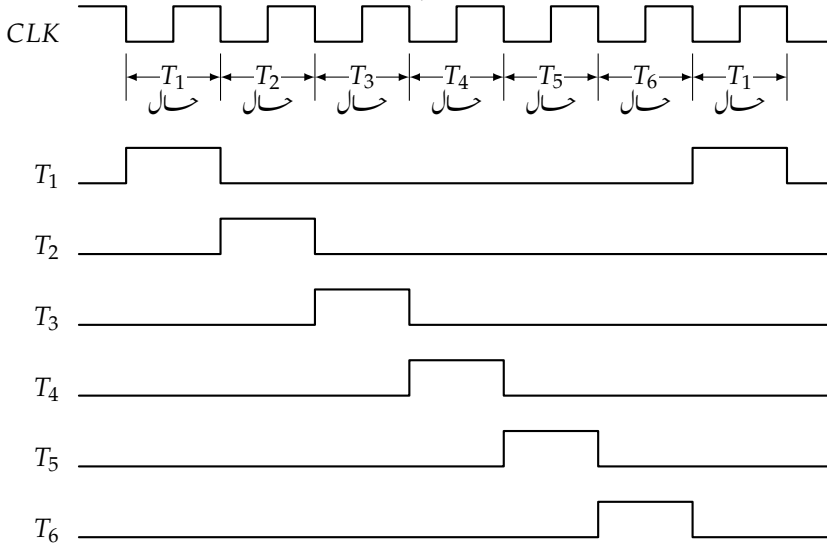
برنامہ گنت کار سے حافظہ کو پست T_1 حال کے دوران منتقل ہوتا ہے، لہذا یہ پست T_1 کہلاتا ہے۔ شکل ۳.۱۲۔ الف میں کمپیوٹر کے وہ حصے گہری سیابی سے احبا گریے گئے ہیں جو T_1 حال کے دوران فعال ہیں (غیر فعال حصے ہلکی سیابی میں دکھائے گئے ہیں؛ مزید، ڈبہ ادوار کے مختصر نام لکھ گئے ہیں)۔



(۱)



(ب)



(ج)

شکل ۱۲.۳: (۱) چھلا گنت کار، (ب) ڈبہ شکل، (ج) ساعت، اور وقت تیز سیات۔

پتہ حال کے دوران E_P اور \bar{L}_M فعال جبکہ باقی تمام بٹ غیر فعال ہوں گے۔ یوں اس حال کے دوران متابو و ترتیب کار درج ذیل متابولفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{aligned} \text{متابولفظ} &= C_P E_P \bar{L}_M \bar{C} \bar{E} \quad \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A \quad S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O \\ &= 0 \ 1 \ 0 \ 1 \quad 1 \ 1 \ 1 \ 0 \quad 0 \ 0 \ 1 \ 1 \end{aligned}$$

بڑھوتری حال

شکل ۱۲.۴-ب میں کمپیوٹر کے وہ حصے احباگر کیے گئے ہیں جو T_2 حال کے دوران فعال ہیں۔ اس حال میں گنت کار کا شمار (گنتی) ایک قدم بڑھایا جاتا ہے لہذا اس کو بڑھوتری حال^{۳۰} کہتے ہیں۔ بڑھوتری حال کے دوران متابو و ترتیب کار درج ذیل متابولفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{aligned} \text{متابولفظ} &= C_P E_P \bar{L}_M \bar{C} \bar{E} \quad \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A \quad S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O \\ &= 1 \ 0 \ 1 \ 1 \quad 1 \ 1 \ 1 \ 0 \quad 0 \ 0 \ 1 \ 1 \end{aligned}$$

جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں C_P فعال ہوگا۔

حافظہ حال

حافظہ سے ہدایت دفتر کو T_3 حال کے دوران ہدایت منتقل کی جاتی ہے۔ یہ ہدایت منبراہم کردہ پتہ کے معتام سے پڑھی جاتی ہے۔ اس حال کے دوران فعال حصے شکل ۱۲.۴-ج میں دکھائے گئے ہیں۔ اس حال میں صرف $\bar{C} \bar{E}$ اور \bar{L}_I متابو بٹ فعال ہوں گے۔ اس حال کے دوران متابو و ترتیب کار درج ذیل متابولفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{aligned} \text{متابولفظ} &= C_P E_P \bar{L}_M \bar{C} \bar{E} \quad \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A \quad S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O \\ &= 0 \ 0 \ 1 \ 0 \quad 0 \ 1 \ 1 \ 0 \quad 0 \ 0 \ 1 \ 1 \end{aligned}$$

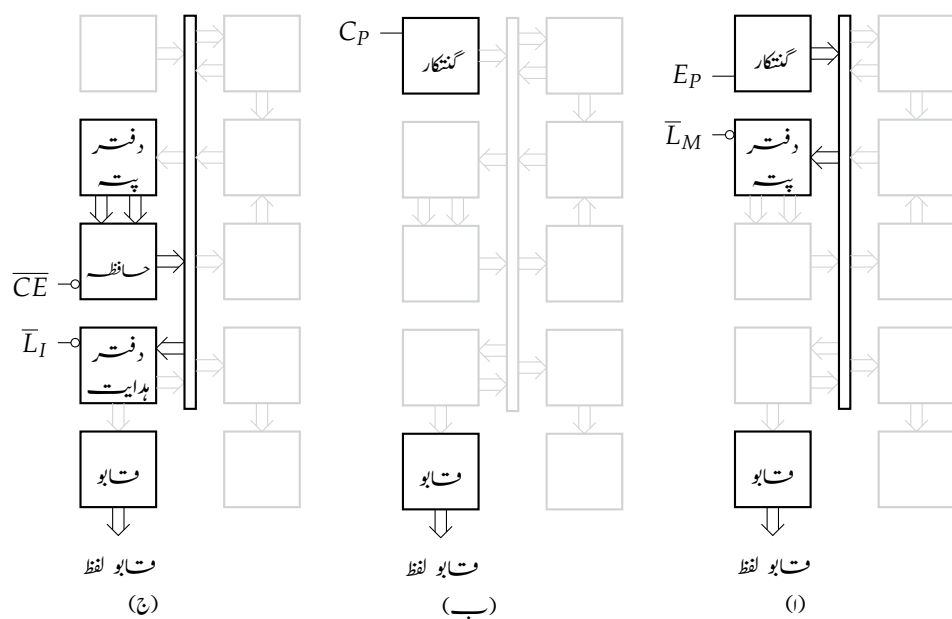
بازیابی پھیرا

پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال مل کر بازیابی پھیرا^{۳۱} دیتے ہیں۔ پتہ حال کے دوران E_P اور \bar{L}_M فعال ہوں گے، یوں برنامہ گنت کار W گزرگاہ کے ذریعہ دفتر پتہ کو تیار کرتا ہے۔ جیسا شکل ۱۲.۴-ج میں دکھایا گیا، ساعت کا مثبت کنارہ نصف پتہ حال گزرنے کے بعد (یعنی پتہ حال کے وسط میں) آتا ہے، اور یوں گنت کار کی معلومات دفتر پتہ میں درج کرتا ہے۔

بڑھوتری حال کے دوران صرف C_P متابو بٹ فعال ہوگا۔ یہ بٹ برنامہ گنت کار کو ساعت کے مثبت کنارہ گنتی کی اجازت دیتا ہے۔ بڑھوتری حال کے وسط میں ساعت کا مثبت کنارہ آنے گا، جو برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ کرے گا۔

حافظہ حال کے دوران $\bar{C} \bar{E}$ اور \bar{L}_I فعال ہوں گے۔ یوں، حافظہ کے معتام پتہ پر موجود لفظ کی رسائی، W گزرگاہ کے ذریعہ، دفتر ہدایت تک ہوگی۔ حافظہ حال کے وسط میں ساعت کا آنے والا مثبت کنارہ دفتر ہدایت میں یہ لفظ درج کرتا ہے۔

increment state^{۳۰}
fetch cycle^{۳۱}



شکل ۱۲.۳: بازیابی پهنای: (ا) T_1 حال: (ب) T_2 حال: (ج) T_3 حال.

۱۲.۵ تعمیلی پھیرا

اگلے تین حال (T_4 ، T_5 ، اور T_6) کمپیوٹر کا تعمیل پھیرا^{۳۲} کہلاتے ہیں۔ تعمیلی پھیرا کے دوران دفناتر میں معلومات کا انتقال اس ہدایت پر منحصر ہے جس کی تعمیل کی جا رہی ہو۔ مثلاً، ”قتل $9H$ “ کی تعمیل کے دوران دفناتر میں معلومات کا انتقال ”جمع BH “ کی تعمیل کے دوران دفناتر میں معلومات کے انتقال سے مختلف ہوگا۔ آئیں اب مختلف ہدایات کی تعمیل کے لئے ”فتا بو طریقہ کار“ پر غور کریں۔

طریق نقل

اس گفتگو کو آگے بڑھانے کے لئے فرض کریں دفتر ہدایت میں قتل $9H$ بھرا گیا ہے۔

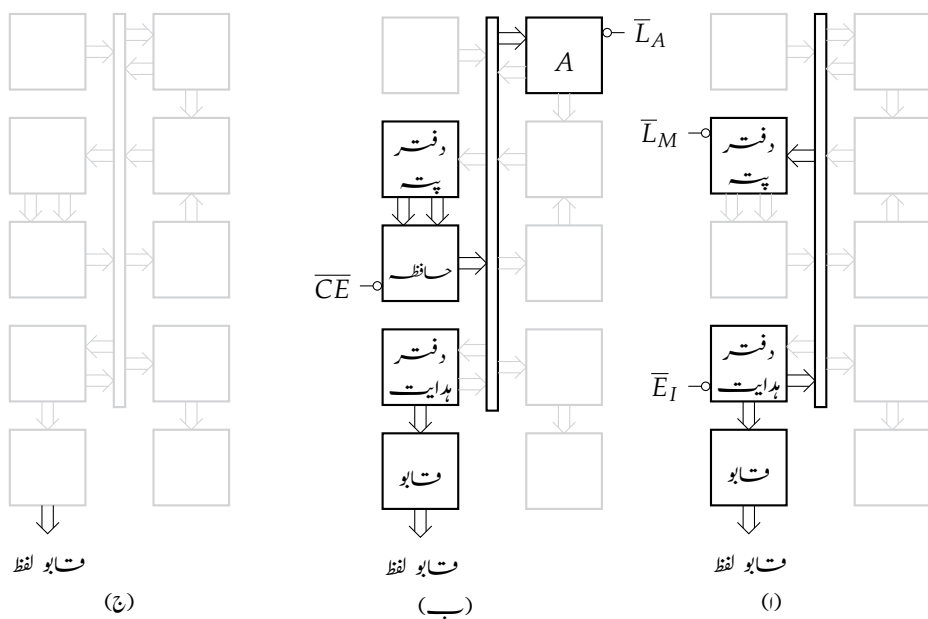
$$0000\ 1001 = \text{دفتر ہدایت}$$

حبز و ہدایت 0000 فتا بو ترتیب کار کو T_4 حال کے دوران جاتا ہے، جہاں اس کی رمز کشائی ہوگی؛ حبز و پتہ 1001 دفتر پتہ میں ڈالا جاتا ہے۔ شکل ۵.۱۲-الف میں T_4 حال کے دوران فعال حصے احبا گر کیے گئے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، \bar{E}_I اور \bar{L}_M فعال ہیں، جبکہ باقی تمام فتا بو ٹ غیر فعال ہیں۔

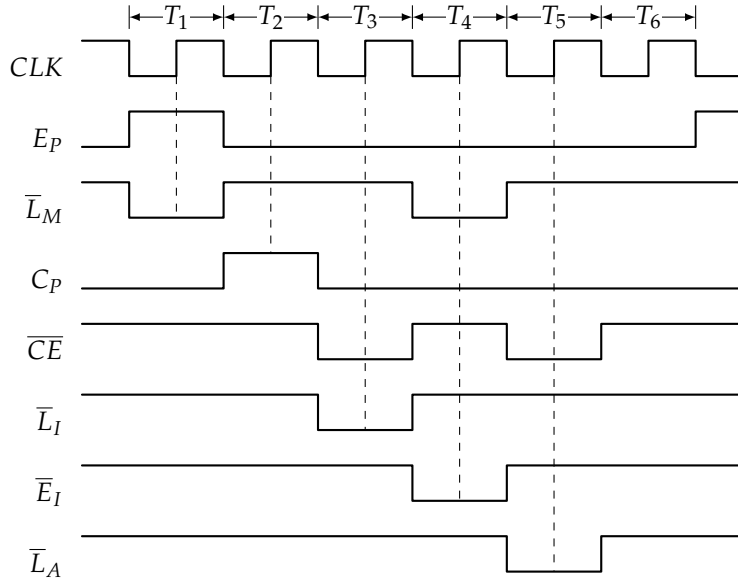
دوران T_5 حال، $\bar{C}\bar{E}$ اور \bar{L}_A پتہ ہوں گے۔ یوں ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر حافظہ کے مقام پتہ سے مواد کا لفظ دفتر A میں منتقل ہوگا (شکل ۵.۱۲-ب دیکھیں)۔

T_6 فارغ حال^{۳۳} ہے۔ اس (تیسرے تعمیلی) حال کے دوران تمام دفناتر غیر فعال ہیں (شکل ۵.۱۲-ج دیکھیں)۔ یوں فتا بو و ترتیب کار ایسا فتا بو لفظ خارج کرتا ہے جس کے تمام بٹ غیر فعال ہوں گے۔ فارغ حال میں کوئی کام سر انجام نہیں ہوگا۔

شکل ۶.۱۲ میں بازیابی اور نقل طریق کی وقتیہ ترسیلات پیش ہیں۔ T_1 حال کے دوران E_P اور \bar{L}_M فعال ہیں؛ اس حال کے وسط میں ساعت کا آنے والا کنارہ چپڑھائی، دفتر پتہ میں برنامہ گنت کار سے پتہ منتقل کرتا ہے۔ T_2 حال کے دوران C_P فعال ہے لہذا ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہوگا۔ T_3 حال کے دوران $\bar{C}\bar{E}$ اور \bar{L}_I فعال ہیں؛ ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر دفتر ہدایت میں، پتہ کی نشاندہی پر حافظہ کے مطلوبہ (نشان زد) مقام سے، لفظ بھرا جائے گا۔ ”قتل“ کی ہدایت پر عمل درآمد T_4 حال سے شروع ہوگی، جہاں \bar{L}_M اور \bar{E}_I فعال ہیں؛ دفتر ہدایت میں موجود حبز و پتہ، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، دفتر پتہ میں منتقل ہوگا۔ T_5 حال کے دوران $\bar{C}\bar{E}$ اور \bar{L}_A فعال ہیں؛ دفتر A میں، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، حافظہ کے مطلوبہ مقام سے مواد کا لفظ بھرا جائے گا۔ ”قتل“ ہدایت میں T_6 حال کچھ نہیں کرتا۔ ہم کہتے ہیں یہ فارغ حال ہے۔



شکل ۱۲.۵: طریق نقل: (ا) T_4 حال: (ب) T_5 حال: (ج) T_6 حال.



شکل ۱۲.۶: بازیابی اور نقل کی وقتیہ ترتیبات۔

طریق جمع

فرض کریں بازیابی پھیرا کے اختتام پر دفتر ہدایت میں ”جمع BH“ پایا جاتا ہے۔

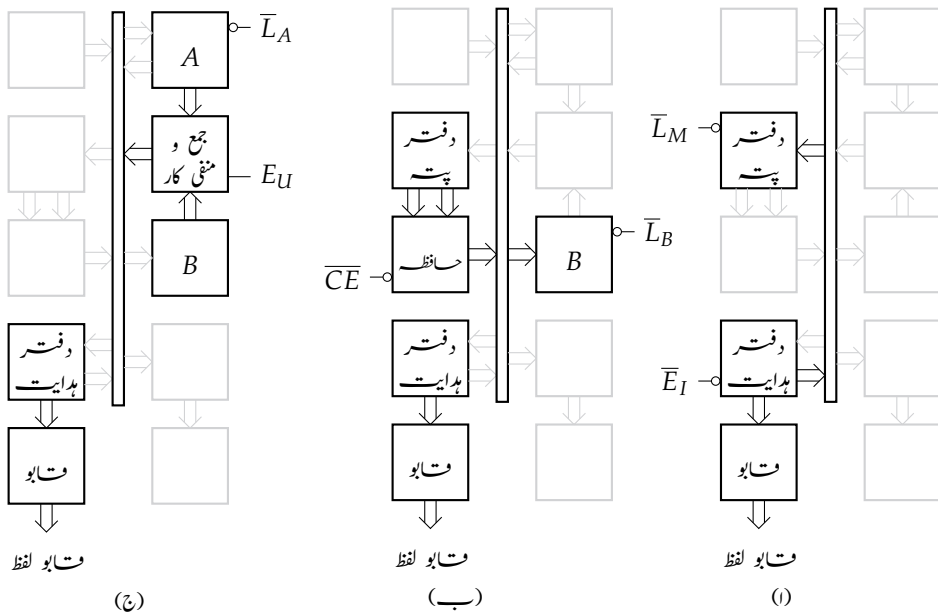
$$0001\ 1011 = \text{دفتر ہدایت}$$

دوران T_4 حال متابو و ترتیب کار کو حبزو ہدایت اور دفتر پستہ کو حبزو پستہ جائے گا (شکل ۱۲.۷-الف دیکھیں)۔ اس حال کے دوران \bar{E}_I اور \bar{L}_M فعال ہوں گے۔

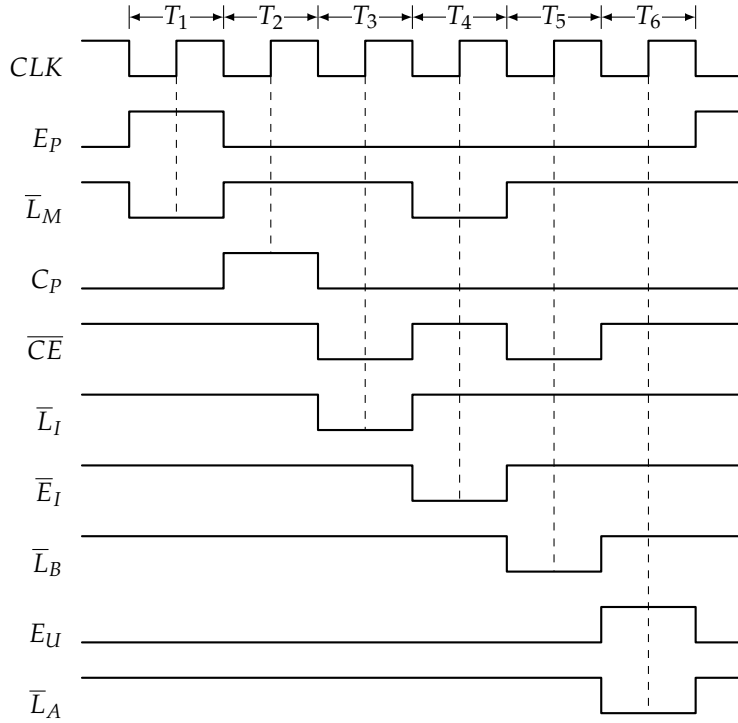
T_5 حال کے دوران متابو پستہ \bar{C}_E اور \bar{L}_B فعال ہوں گے۔ یوں پستہ کی نشاندہی کے مقام پر لفظ حافظہ سے دفتر B میں لکھا جاسکتا ہے (شکل ۱۲.۷-ب)۔ ہمیشہ کی طرح، اس حال کے وسط میں آنے والے ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر مواد دفتر B میں منتقل ہوگا۔

T_6 حال کے دوران، E_U اور \bar{L}_A فعال ہوں گے؛ لہذا دفتر A تک جمع و منفی کار کا محارج پہنچے گا (شکل ۱۲.۷-ج)۔ اس حال کے وسط میں جمع و منفی کار کا محارج دفتر A منتقل ہوگا۔

اتفاق سے، دورانیہ تیاری اور دورانیہ رد عمل کی بدولت دفتر A حالت دوڑے دوچار نہیں ہوتا۔ شکل 6c.10 میں ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر دفتر A کا مواد تبدیل ہوگا، جس کی وجہ سے جمع و منفی کار کا محارج تبدیل ہو گا۔ یہ نیا مواد دفتر A کے مدخل تک پہنچتا ہے، تاہم یہ مواد ساعت کے کنارہ چپڑھائی کے دو تاخیر بعد میں پہنچے گا (پہلی تاخیر دفتر A اور دوسری تاخیر جمع و منفی کار کی بدولت ہوگی)۔ اس وقت تک دفتر A



شکل ۱۲.۴: طریقی جمع و منفی: (ا) T_4 حال؛ (ب) T_5 حال؛ (ج) T_6 حال.

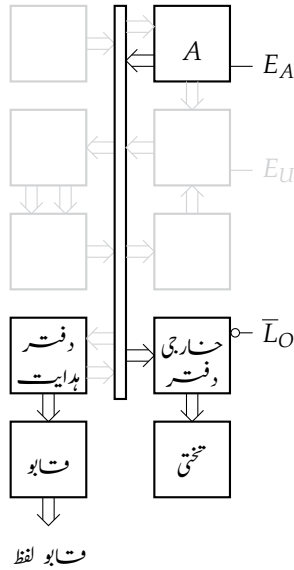


شکل ۱۲.۸: بازیابی اور جمع وقتیہ ترتیبات۔

میں مواد لکھنے کا لمحہ گزر چکا ہوگا۔ یوں دفتر A حالت دوڑ (جس میں ساعت کے ایک ہی کنارے پر ایک سے زیادہ مرتبہ مواد بھرا جاتا ہو) سے دوچار نہیں ہوگا۔

شکل ۱۲.۸ میں بازیابی اور ”طریق جمع“ کی وقتیہ ترتیبات پیش ہیں۔ طریق بازیابی ہمیشہ کی طرح T_1 حال میں دفتر پتہ میں برنامه گنت کار کا مواد منتقل کرتا ہے؛ T_2 حال میں گنت کار کی گنتی میں ایک کا اضافہ کیا جاتا ہے؛ T_3 حال میں دفتر ہدایت کو، پتہ کی نشاندہی پر، حافظے سے ہدایت منتقل کی جاتی ہے۔

T_4 حال کے دوران، \bar{E}_I اور \bar{L}_M فعال ہوں گے؛ ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر، دفتر پتہ کو دفتر ہدایت سے جزو پتہ منتقل ہوگا۔ T_5 حال کے دوران، \bar{C}_E اور \bar{L}_B فعال ہوں گے؛ لہذا ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر دفتر B میں پتہ کی نشاندہی پر حافظے سے لفظ منتقل ہوگا۔ T_6 حال کے دوران، E_U اور \bar{L}_A فعال ہوں گے؛ دفتر A میں، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، جمع و منفی کار کا حاصل نتیجہ منتقل ہوگا۔



شکل ۱۲.۹: برآمد ہدایت کے دوران T_4 حال۔

طریق منفی

طریق منفی اور طریق جمع ملتے جلتے ہیں۔ شکل ۱۲.۷-الف اور ب میں طریق منفی کے لئے T_4 اور T_5 حال کے دوران فعال حصے دکھائے گئے ہیں۔ T_6 حال کے دوران شکل ۱۲.۷-ج کے مجموع منفی حصے کو بلند S_U بھیجا جاتا ہے۔ وقتیہ ترسیم شکل ۱۲.۸ سے تقریباً مکمل مماثلت رکھتی ہے۔ T_1 تا T_5 حال کے دوران پست S_U اور T_6 حال کے دوران بلند S_U تصور کریں۔

طریق برآمد

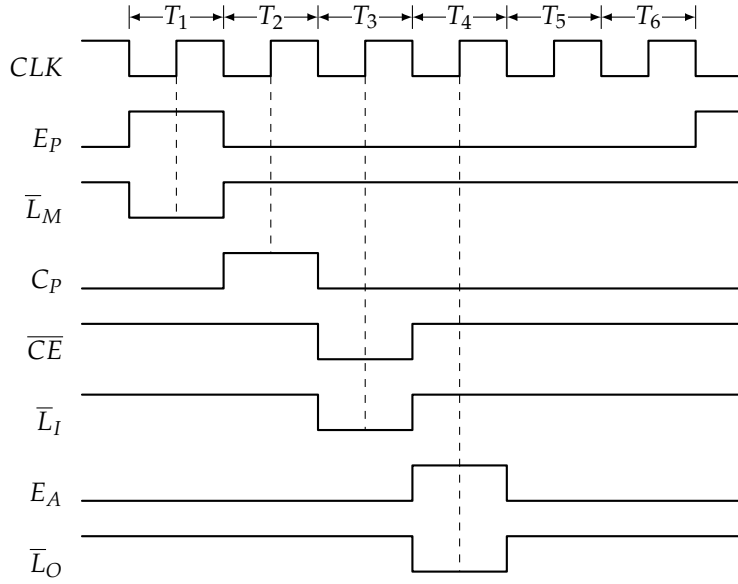
معرض کریں بازیابی پھیرا کے آخر میں دفتر ہدایت میں برآمد کی ہدایت موجود ہو۔ یوں درج ذیل ہوگا۔

$$1110xxxx = \text{دفتر ہدایت}$$

مٹابو ترتیب کار کو رمز کشائی کے لئے جزو ہدایت بھیجا جاتا ہے۔ رمز کشائی کے بعد مٹابو ترتیب کار خارجی دفتر میں دفتر A کا مواد منتقل کرنے کے لئے مٹابو لفظ جاری کرتا ہے۔

برآمد کی ہدایت کے دوران فعال حصے شکل ۱۲.۹ میں پیش ہیں۔ چونکہ E_A اور \bar{L}_O فعال ہیں، لہذا اسمت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر A کی معلومات خارجی دفتر میں، T_4 حال کے دوران، منتقل ہوگی۔ T_5 اور T_6 حال فارغ ہیں۔

شکل ۱۲.۱۰ میں بازیابی اور برآمد وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ بازیابی حال ہمیشہ کی طرح پست حال، بڑھوتری حال،



شکل ۱۲.۱۰: بازیابی اور برآمد وقت تہ ترسیات۔

اور حافظہ حال پر مشتمل ہو گا۔ T_4 حال کے دوران، E_A اور \bar{L}_O فعال ہوں گے؛ لہذا ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر A کی معلومات خارجی دفتر کو منتقل ہوگی۔

رک

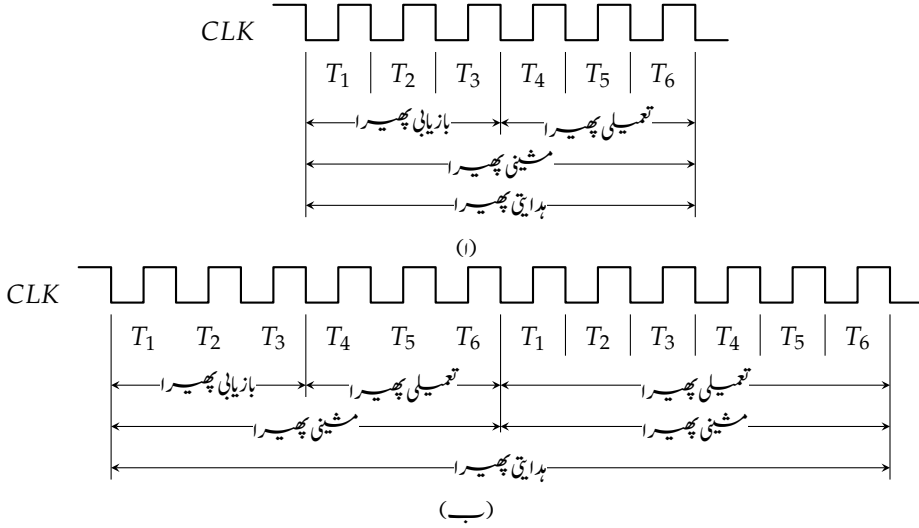
رک کی ہدایت پر عمل در آمد کے دوران کسی دفتر کی ضرورت پیش نہیں آتی، لہذا اس کے لئے طریق متابو در کار نہیں ہوگا۔ جب دفتر ہدایت میں درج ذیل موجود ہو

$$\text{دفتر ہدایت} = 1111xxxx$$

حبز و ہدایت 1111 متابو و ترتیب کار کو مواد پر عمل نہ کرنے کا اشارہ کرتا ہے۔ متابو و ترتیب کار ساعت (جس کے دور پر کچھ دیر میں غور کیا جائے گا) روک کر کمپیوٹر کو مزید کام کرنے سے روک لیتا ہے۔

مشینی پھیلا اور ہدایتی پھیلا

اس سادہ کمپیوٹر کے چھ T حال ہیں، جن میں سے تین بازیابی اور تین تعمیلی ہیں۔ ان چھ حال کو **مشینی پھیلا** ^{۲۴} کہتے ہیں (شکل ۱۱.۱۲-الف دیکھیں)۔ ایک مشینی پھیلا میں ایک ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کی جاتی ہے۔ اس



شکل ۱۲.۱۱: (ا) ہدایتی پھیرا؛ (ب) دو مشینی پھیروں پر مشبنی ہدایتی پھیرا۔

سادہ ترین کمپیوٹر کی ساعت کا تعدد 1 kHz ہے، لہذا اس کا دوری عرصہ 1 ms ہو گا۔ یوں ہر مشبنی پھیرا 6 ms لیگا۔

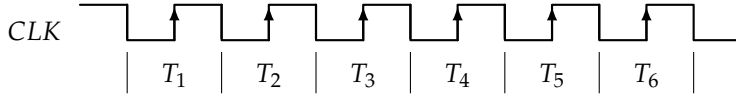
کئی کمپیوٹر میں ہدایت کی بازیابی اور تعیل کرنا ایک سے زائد مشبنی پھیروں میں ممکن ہو گا۔ شکل ۱۲.۱۱-ب میں دو مشبنی پھیروں کی ہدایت کا وقتیہ ترسیم پیش ہے۔ اولین تین T حال بازیابی پھیرا دیتے ہیں؛ تاہم تعیلی پھیرے کو اگلے نو T حال درکار ہیں۔ دو مشبنی پھیرے کی ہدایت زیادہ پیچیدہ ہوگی جس کی تعیل کے لئے اضافی T حال درکار ہوں گے۔

ایک ہدایت کی بازیابی اور تعیل کے لئے درکار T حال کو ہدایتی پھیروں ۳۵ کہتے ہیں۔ اس سادہ ترین کمپیوٹر میں ہدایتی پھیرا ۱۱ اور مشبنی پھیرا ایک برابر ہیں، جبکہ شکل ۱۲.۱۱-ب میں ہدایتی پھیرا دو مشبنی پھیروں کے برابر ہے۔

8080 اور 8085 کے ہدایتی پھیرے ایک سے پانچ مشبنی پھیروں کے برابر ہو سکتے ہیں۔

مثال ۱۲.۵: 8080/8085 کا معلوماتی کتابچہ کہتا ہے ”نفل“ کی ہدایت کی بازیابی اور تعیل کے لئے تیرہ T حال درکار ہوں گے۔ اگر کمپیوٹر کی ساعت کا تعدد 2.5 MHz ہو، اس ہدایت کو کتنا وقت درکار ہوگا؟
حل: ساعت کا دوری عرصہ درج ذیل ہوگا۔

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2.5 \text{ MHz}} = 400 \text{ ns}$$



شکل ۱۲.۱۲: ساعت کا کنارہ چپڑھائی T حال کے وسط میں پایا جاتا ہے۔

چونکہ ہر ایک T حال کو 400 ns درکار ہیں اور ”نقل“ کی ہدایت کی بازیابی اور تعمیل تیرہ T حال میں ممکن ہے لہذا اس ہدایت کو درج ذیل وقت درکار ہوگا۔

$$13 \times 400 \text{ ns} = 5.2 \mu\text{s}$$

□

مثال ۱۲.۶: شکل ۱۲.۱۲ میں سادہ کمپیوٹر کے چھ T حال دکھائے گئے ہیں۔ ساعت کا (تیسر دار) کنارہ چپڑھائی نصف حال گزر کر آتا ہے۔ ایسا کیوں ہے؟

حل: جدید کمپیوٹر کی طرح اس کمپیوٹر میں مواد کا تبادلہ بذریعہ W گزرگاہ ہوتا ہے۔ تاہم دفتر کی بغیر مسئلہ بھرائی اس صورت ممکن ہوگی جب دورانیہ تیاری اور دورانیہ ٹھیراؤ مطمئن ہوں۔ نصف دوری عرصہ انتظار کر کے دفتر میں بھرائی، دورانیہ تیاری کو مطمئن کرتا ہے؛ بھرائی کے بعد نصف دوری عرصہ انتظار، دورانیہ ٹھیراؤ کو مطمئن کرتا ہے۔ اسی لئے ساعت کا کنارہ چپڑھائی T حال کے عین وسط میں رکھا جاتا ہے (شکل ۱۲.۱۲)۔

نصف دوری عرصہ انتظار کرنے کی دوسری وجہ بھی ہے۔ مواد ترسیل کرنے والے دفتر کا ”محبز“ اشارہ فعال کرنے سے W گزرگاہ پر مواد ایک دم ڈلتا ہے۔ غیر مطلوبہ برقی گنجائش اور تاروں کے امالہ کی بدولت گزرگاہ تاروں میں برقی دباؤ کی درست سطح کے حصول میں وقت درکار ہوتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں W گزرگاہ پر عبوری حال پیدا ہوگا؛ بوقت بھرائی درست مواد یقینی بنانے کے لئے ضروری ہے کہ اعبوری حال کے اختتام کا انتظار کیا جائے۔ □

۱۲.۶ خردبرنامہ

ہم جلد اس سادہ کمپیوٹر کے دوری نقشہ پر غور کریں گے، لیکن اس سے قبل بہتر ہوگا ہم اس کی ہدایات کی تعمیل کو ایک جدول میں، جسے خردبرنامہ^{۳۶} کہتے ہیں، یکجا کریں۔

خرد ہدایات

ہر ایک T حال کے دوران فتاویٰ و ترتیب کار ایک فتاویٰ لفظ خارج کرتا ہے۔ یہ لفظ کمپیوٹر کے باقی حصوں کو بتاتا ہے کہ ان نے کیا کام سرانجام دینا ہے۔ چونکہ یہ لفظ مواد پر عمل کا ایک چھوٹا قدم پیدا کرتا ہے لہذا یہ خرد ہدایت^{۳۷}

^{۳۶} microprogram
^{۳۷} microinstruction

جدول ۱۲.۳: نقل ہدایت تین خنرد ہدایات پر مشتمل ہے۔

کلاں	حال	$S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O$	$\bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A$	$\bar{C}_P E_P \bar{L}_M \bar{C}_E$	فعال
نقل	T_4	0 0 1 1	1 0 1 0	0 0 0 1	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	0 0 1 1	1 1 0 0	0 0 1 0	\bar{C}_E, \bar{L}_A
	T_6	0 0 1 1	1 1 1 0	0 0 1 1	کوئی نہیں

جدول ۱۲.۵: سادہ کمپیوٹر کا خنرد برنامہ

کلاں	حال	فتابولفظ	فعال
نقل	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2C3H	\bar{C}_E, \bar{L}_A
	T_6	3E3H	کوئی نہیں
جمع	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2E1H	\bar{C}_E, \bar{L}_B
	T_6	3C7H	\bar{L}_A, E_U
منفی	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2E1H	\bar{C}_E, \bar{L}_B
	T_6	3CFH	\bar{L}_A, S_U, E_U
برآمد	T_4	3F2H	E_A, \bar{L}_O
	T_5	3E3H	کوئی نہیں
	T_6	3E3H	کوئی نہیں

جدول ۱۲.۴: نقل ہدایت کی اساس سولہ خنرد ہدایات۔

کلاں	حال	فتابولفظ	فعال
نقل	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2C3H	\bar{C}_E, \bar{L}_A
	T_6	3E3H	کوئی نہیں

کہلاتا ہے۔ شکل ۱۲.۱ کو دیکھتے ہوئے فتابول ترتیب کارے باقی ادوار کو مسلسل خنرد ہدایات جاری ہونا ہم تصور کر سکتے ہیں۔

کلاں ہدایات

برنامے کی ہدایات (نقل، جمع، منفی، وغیرہ) کو بعض اوقات **کلاں ہدایات** ^{۳۸} کہتے ہیں تاکہ ان میں اور خنرد ہدایات میں تمیز ہو۔ سادہ ترین کمپیوٹر کی ہر ایک کلاں ہدایت تین خنرد ہدایات پر مشتمل ہے۔ مثلاً، نقل کی کلاں ہدایت جدول ۳.۱۲ میں پیش تین خنرد ہدایات پر مشتمل ہے۔ آسان بنانے کی عرض سے ہم خنرد ہدایات کو اساس سولہ میں لکھتے ہیں (جدول ۱۲.۴ دیکھیں)۔

جدول ۵.۱۲ میں سادہ کمپیوٹر کا خنرد برنامہ پیش ہے، جس میں ہر کلاں ہدایت اور اس کی تعمیل کے لئے درکار خنرد ہدایات دیے گئے ہیں۔ یہ جدول سادہ کمپیوٹر کے طریق تعمیل کا خلاصہ ہے۔ زیادہ جدید ہدایات کے لئے بھی ایسا جدول لکھا جاسکتا ہے۔

۱۲.۷۔ سادہ کمپیوٹر کا نقشہ دور

اس حصے میں سادہ کمپیوٹر کے مکمل نقشہ دور پر غور کیا جائے گا۔ شکل ۱۳.۱۲ تا شکل ۱۹.۱۲ میں تمام مخلوط ادوار، برقی تاریں، اور اشارات دکھائے گئے ہیں۔ آگے پڑھتے ہوئے ان اشکال سے رجوع کریں۔ جہاں ضرورت ہو، مستعمل مخلوط ادوار کی معلومات انسٹریٹ سے حاصل کریں۔

برنامہ گنت کار

شکل ۱۳.۱۲ میں مخلوط ادوار $u1$ ، $u2$ ، اور $u3$ ”برنامہ گنت کار“ دیتے ہیں۔ مخلوط دور $u1$ جو 74LS107 ہے، دوہرا جے کے پلٹ کار ہے، جو پست کے زیریں دوہٹ A_0 اور A_1 دیتا ہے۔ $u2$ دوسرا 74LS107 ہے جو پست کے بالاہٹ A_2 اور A_3 دیتا ہے۔ $u3$ (74LS126) سہ حال چو مستحکم کار ہے جو برنامہ گنت کار کے ہٹ A_0 تا A_3 کو W گزرگاہ پر ضرورت کے وقت ڈالنے کی صلاحیت دیتا ہے۔

کمپیوٹر کی دوڑ سے قبل، پست \overline{CLR} برنامہ گنت کار کو زبردستی پست (0000) کرتا ہے۔ T_1 حال کے دوران بلند E_p پتے کو W گزرگاہ پر ڈالتا ہے۔ T_2 کے دوران برنامہ گنت کار کو بلند C_p مہیا کیا جاتا ہے؛ نصف حال گزر کر \overline{CLK} کا کنارہ اترائی (جو CLK کے کنارہ چپڑھائی کے مترادف ہے) برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ کرتا ہے۔

T_3 تا T_6 حال کے دوران برنامہ گنت کار غیر فعال ہوگا۔

شکل ۱۳.۱۲ میں $u1$ کے پینا 12 کو \overline{CLK} کا اشارہ منراہم کیا گیا ہے جو درحقیقت شکل ۱۷.۱۲ میں $u27$ کے پینا 6 سے آتا ہے۔ صفائی کی حناطر، نقشہ جات میں لمبی تاروں کو کھینچ کر دکھانے سے گریز کیا جاتا ہے۔ ایسی تار کے دونوں سروں کو ایک نام دے کر جوڑنا ہر کیا جاتا ہے۔ یوں شکل ۱۳.۱۲ میں $u1$ کے پینا 12 اور شکل ۱۷.۱۲ میں $u27$ کے پینا 6 کو ایک نام (\overline{CLK}) دے کر انہیں آپس میں جبراطاف ہر کیا گیا ہے۔

دفترپت

مخلوط دور $u4$ (74LS173) چارہٹ سہ حال مستحکم کار ہے، جو بطور ”دفترپت“ کردار ادا کرتا ہے۔ دھیان رہے، پینا 1 اور 2 برقی زمین سے جڑے ہیں، جس کی بدولت $u4$ سہ حال کی بجائے دو حال ہوگا۔ دوسرے لفظوں میں، چونکہ یہ گزرگاہ سے نہیں جبراطاف اس کی سہ حال صلاحیت درکار نہیں۔

دو تا ایک داخلی منتخب کار

مخلوط دور $u5$ (74LS157) 2 تا 1 ریزہ ”داخلی منتخب کار“ ہے۔ بایاں ریزہ (پینے 2، 5، 11، اور 14) پست چو سوئچ S_1 سے آتا ہے جو AA_0 تا AA_3 ہٹ دستی مہیا کرتا ہے۔ S_1 درحقیقت چار سوئچوں کو ظاہر کرتا ہے جن کے بازو انفرادی کھڑے یا بھٹائے جاسکتا ہے۔ (یاد رہے 74LSxxxx سلسلہ کے مخلوط ادوار کا داخلی پینا برقی زمین سے جوڑ کر پینے پر 0 منراہم ہوگا، جبکہ آزاد (منقطع) پینے پر 1 ہوگا۔) S_1 کا بازو بھٹانے سے $u5$ کے مطابقتی پینا کو 0 جبکہ کھٹرا کرنے سے 1 مہیا کیا جاتا ہے۔ دایاں ریزہ (پینے 13، 10، 6، اور 3) دفترپت ($u4$) سے آتا ہے۔ داخلی منتخب کار $u5$ کے مخارج تک پہنچنے والے ریزے کا فیصلہ سوئچ S_{2a} کرتا ہے۔ جب S_{2a} ”برنامہ لکھ“ پیچک پر ہو (جو $u5$ کا پینا 1

پست کرے گا) تب S_1 کا دستی پتہ u_5 کے مخارج $(a_3a_2a_1a_0)$ منتقل ہوگا، اور جب S_{2a} ”دوڑ“ بیٹھک پر ہو (یعنی جب پتہ 1 بلند) ہو تب دفتر پتہ u_4 کا مواد (پتہ) u_5 کے مخارج منتقل ہوگا۔ دھیان رہے، S_{2a} کی ”دوڑ“ بیٹھک پر کوئی برقی تار نسب نہیں، لہذا یہ نقطہ کہیں نہیں جبر۔ سوچ S_2 کے دو بازو، جنہیں S_{2a} اور S_{2b} کہا گیا ہے، ایک ساتھ کھڑا ہوں گے یا بیٹھیں گے؛ ان کو انفرادی کھڑا کرنا یا بیٹھنا ممکن نہیں۔

8 × 16 عارضی حافظہ

u_7 اور u_6 مخلوط دور 74LS189 ہیں۔ مخلوط دور 4×16 عارضی حافظہ ہے۔ u_7 اور u_6 مسل کر 8×16 ”عارضی حافظہ“ دیتے ہیں۔ سوچ S_3 (جو آٹھ سوچوں کو ظاہر کرتا ہے) آٹھ بٹ مواد (D_0 تا D_7) فراہم کرتا ہے۔ اس کے آٹھ بازوؤں کو انفرادی کھڑا یا بیٹھایا جاسکتا ہے۔ دابہ تمام S_4 (جو آزاد حالت میں ”پڑھ“ بیٹھک پر ہوگا) پڑھ/لکھ اشارہ فراہم کرتا ہے۔ حافظہ کی برنامہ نویسی S_{2b} (اور S_{2a}) ”برنامہ لکھ“ پر رکھ کر ہوگی۔ S_{2b} کو ”برنامہ لکھ“ بیٹھک پر بیٹھ کر، نیا 2 پست کر کے، درست دستی پتہ بٹ (AA_0 تا AA_3) اور دستی مواد بٹ (D_0 تا D_3) رکھ کر S_4 ایک لمحے کے لئے دبا کر لکھ (پتہ 3) لمحائی پست کرتے ہوئے حافظہ میں مطلوب پتہ $(a_3a_2a_1a_0)$ پر مواد لکھا جاتا ہے۔

یاد رہے برنامہ نویسی کے دوران S_2 (یعنی S_{2a} اور S_{2b}) کے بازو ”برنامہ لکھ“ بیٹھک پر ہوں گے جس کی بدولت AA_0 تا AA_3 دستی پتہ اور D_0 تا D_7 دستی مواد حافظہ کو فراہم ہوگا۔

حافظہ میں برنامہ اور مواد لکھنے کے بعد S_2 کو ”دوڑ بیٹھک“ پر رکھ کر کمپیوٹر کو چلنے کے لئے تیار کیا جاتا ہے۔

دفتر ہدایت

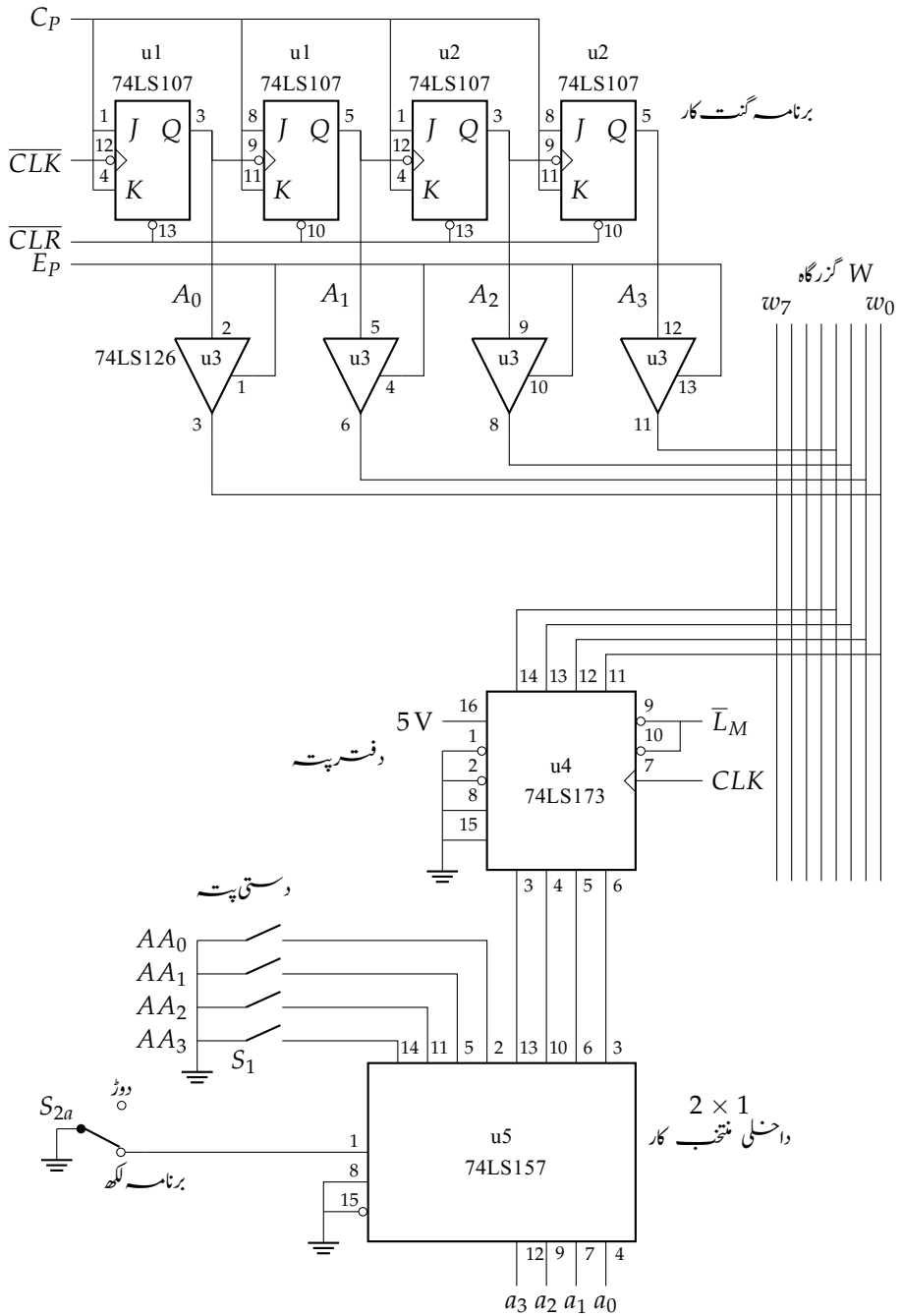
u_8 اور u_9 مخلوط دور 74LS173 ہیں۔ ایک مخلوط دور میں سے حال 4 بٹ مستحکم کار دفن تپائے جاتے ہیں۔ یہ دو مخلوط ادوار مسل کر 8 بٹ ”دفتر ہدایت“ دیتے ہیں۔ u_8 کے 1 اور 2 پتے زمین سے جوڑ کر مخلوط دور کا مخارج $I_7I_6I_5I_4$ دو حال بنایا گیا ہے۔ یہ ریزہ فتابو ترتیب کار کے ”ہدایت رمز کشا“ کو جاتا ہے۔ دفتر ہدایت کے زیریں ریزہ کو، جو u_9 کا مخارج ہے، \bar{E}_I اشارہ فتابو کرتا ہے۔ پست \bar{E}_I اس ریزہ کو W گزر گاہ پر ڈالتا ہے۔

دفتر A

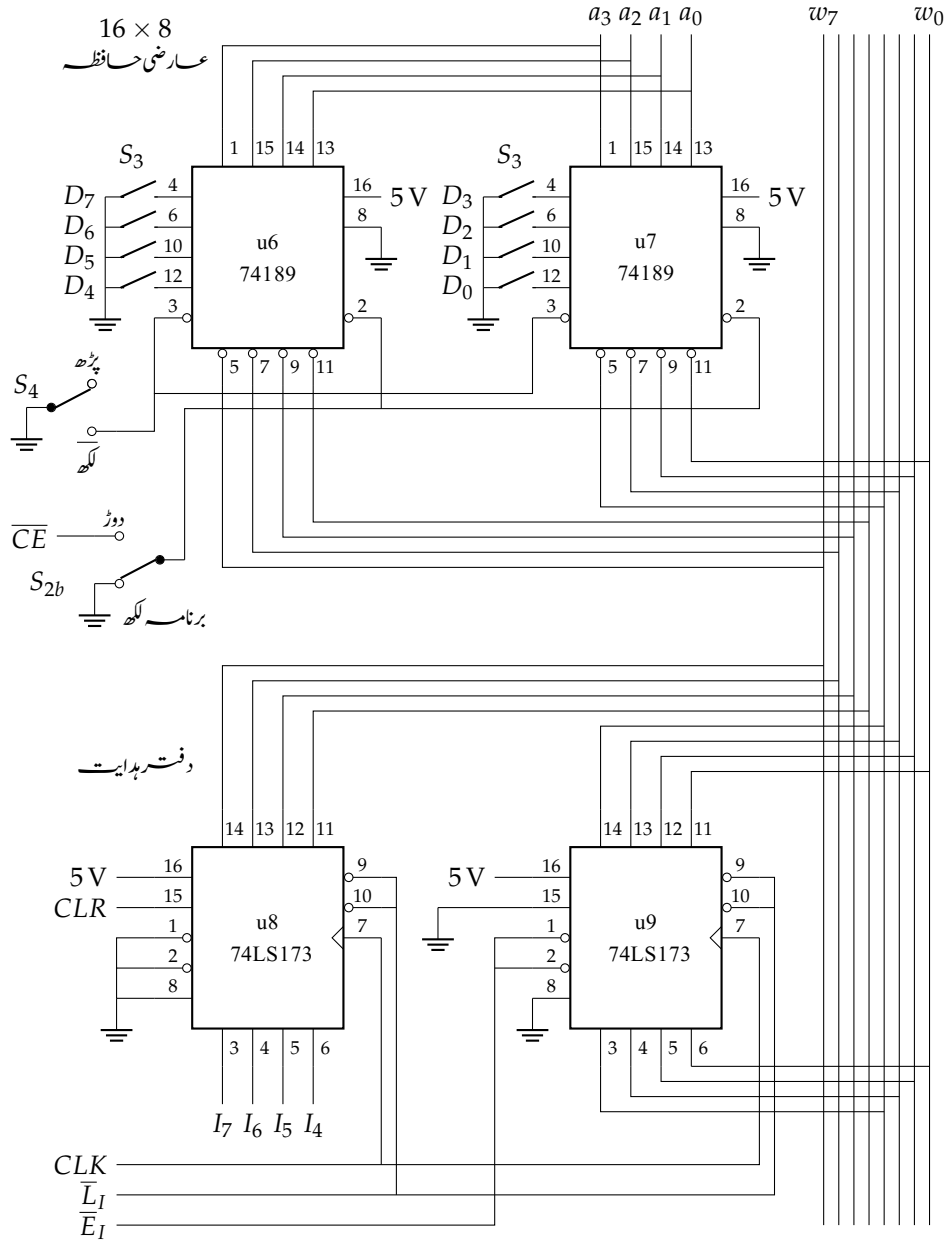
مخلوط ادوار u_{10} اور u_{11} جو 74LS173 ہیں، ”دفتر A“ دیتے ہیں (شکل ۱۵.۱۲ دیکھیں)۔ دونوں مخلوط دور کے 1 اور 2 پتے زمین سے جوڑ کر مخارج دو حال بنایا گیا ہے۔ دو حال مخارج جمع و منفی کار کو فراہم کیا گیا ہے۔ u_{12} اور u_{13} مخلوط دور (74LS126) سے حال سوچ ہیں جو بلند E_A کی صورت میں دفتر A کا مخارج W گزر گاہ پر ڈالتے ہیں۔

جمع و منفی کار

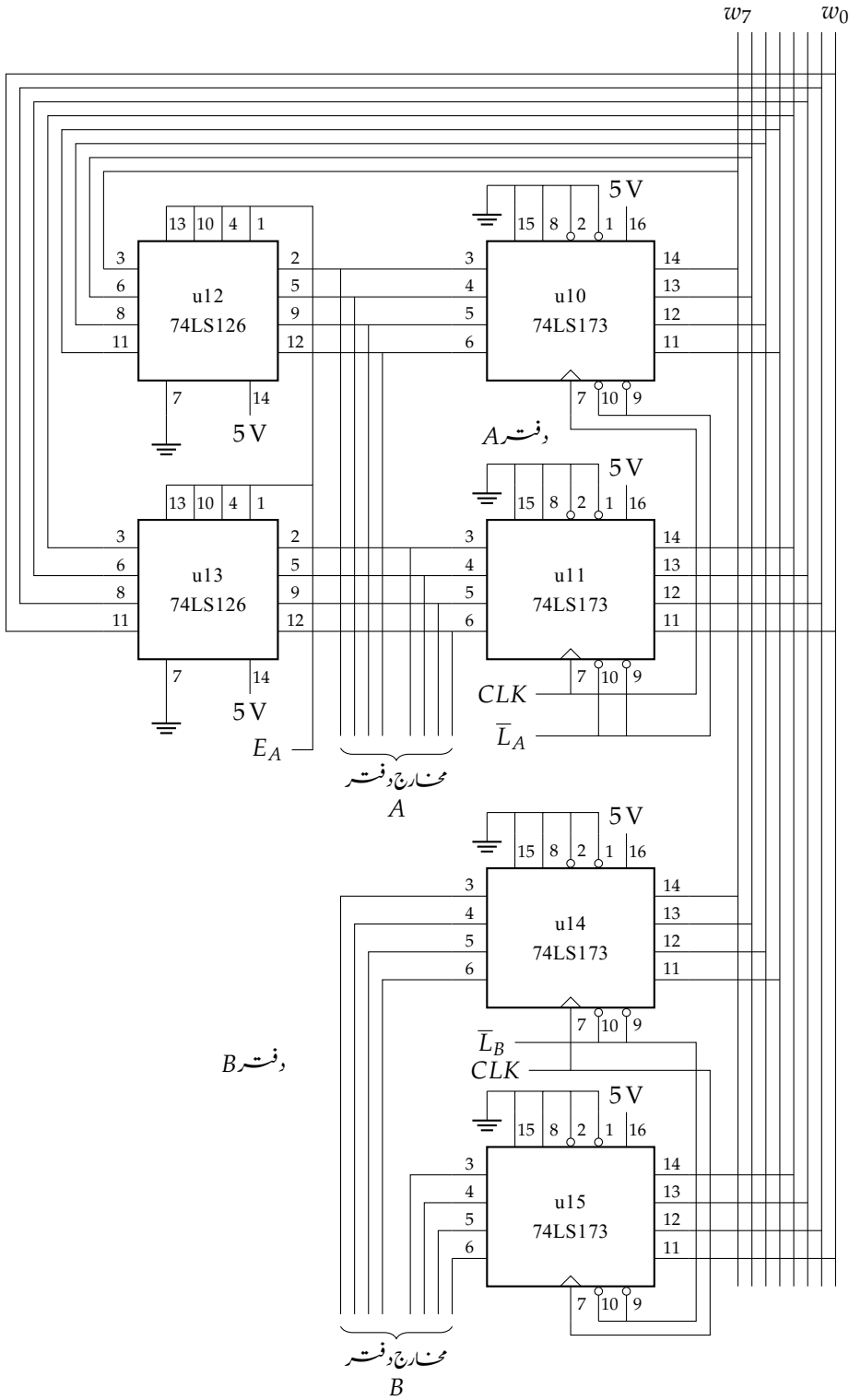
u_{18} اور u_{19} مخلوط دور 74LS86 ہیں۔ یہ بلا شکر کت جمع گیٹ بطور فتابو کردہ متمم کار کاردار ادا کرتے ہیں۔ پست S_U کی صورت میں دفتر B کا مواد بغیر تبدیل ہوئے ان گیٹ سے گزرتا ہے۔ بلند S_U کی صورت میں B کے مواد کا تکملہ 1 ان گیٹوں سے خارج ہوگا اور ساتھ ہی کم ترزرتی بٹ کے ساتھ 1 جمع ہو کر تکملہ 2 دیگا۔



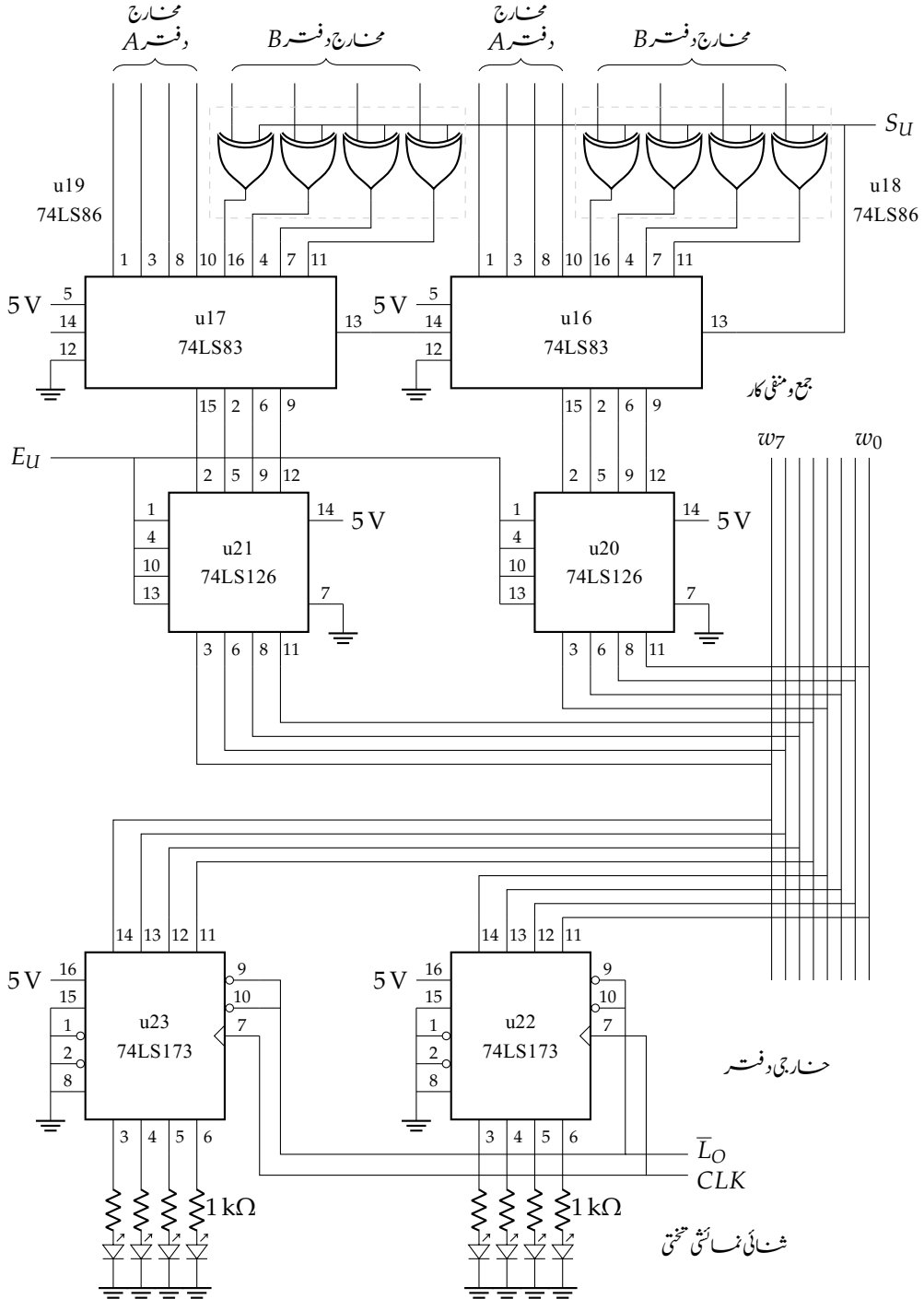
شکل ۱۲.۱۳: برنامه گنت کار



شکل ۱۴.۱۲: حافظہ اور دفتر ہدایت



شکل ۱۲.۱۵: دفتر A اور جمع و منفی کار



شکل ۱۲.۱۶: جمع و منفی کار اور خارجی رجسٹر

u16 اور u17 مخلوط دور 74LS83 ہیں، جو 4 بٹ مکمل جمع کار ہے۔ دونوں کو جوڑ کر 8 بٹ ”مکمل جمع و منفی کار“ حاصل کیا گیا ہے۔ u20 اور u21، جو 74LS126 ہیں، 8 بٹ نتیجہ کو سہ سال بنا کر W گزر گاہ پر ڈالتے ہیں۔

دفتہر B اور خارچی دفتہر

u14 اور u15، جو 74LS173 ہیں، سل کر ”دفتہر B“ دیتے ہیں۔ دونوں کے پنا 1 اور 2 زمین سے جوڑ کر خارچ دو حال بنایا گیا ہے۔ دفتہر A کے مواد کے ساتھ دفتہر B کا مواد جمع کیا جاتا ہے یا اس سے دفتہر B کا مواد منفی کیا جاتا ہے۔

u22 اور u23، جو 74LS173 ہیں، ”خارچی دفتہر“ دیتے ہیں۔ خارچی دفتہر شائی منائی تختی کو چلاتا ہے۔ منائی تختی پر ہم نتائج دیکھ سکتے ہیں۔

بلا ٹپک صاف و چل

شکل ۱۷.۱۲ میں ”بلا ٹپک صاف و چل دور“ پیش ہے، جس کے دو خارچ ہیں؛ دفتہر ہدایت کے لئے \overline{CLR} جبکہ برنامہ گنت کار اور چھلا گنت کار کے لئے CLR اشارہ۔ \overline{CLR} ساعت چالو کرنے والے پلٹ u29 کو بھی جاتا ہے۔ S5 داب بتام ہے جو آزاد حالت میں ”چل بیٹھک“ پر رہتا ہے۔ دبانے سے اس کا بازو ”صاف“ کو زمین سے ملا کر بلند CLR اور پست \overline{CLR} پیدا کرتا ہے۔ بتام کو آزاد چھوڑنے سے اس کا بازو ”چل“ کو زمین سے ملا کر پست CLR اور بلند \overline{CLR} پیدا کرتا ہے۔ یوں داب بتام کو دبا کر دونوں اشارے فعال ملیں گے۔

سوچ کا بازو ایک بیٹھک سے دوسری بیٹھک منتقل کرتے وقت بازو ٹپکیاں کھا کر بیٹھتا ہے، جس سے متعدد اشارات پیدا ہوتے ہیں۔ ہمیں عموماً ایک مستند اشارہ درکار ہوگا۔ شکل ۱۷.۱۲ میں S6 کا بازو ”صاف“ پر بٹھانے سے ٹپکیوں کی بدولت ”صاف“ پر متعدد 0 اور 1 پیدا ہوں گے، تاہم u24 کے دو ضرب متمم گیٹ صرف ایک پست \overline{CLR} پیدا کرتے ہیں؛ گویا، سوچ بلا ٹپکے^۹ کر دیا گیا۔

دھیان رہے u24 کا آدھا حصہ ”بلا ٹپک صاف و چل“ اور باقی ”بلا ٹپک قدم با قدم“ دور میں مستعمل ہے۔ u24 مخلوط دور 74LS00 کو غاہر کرتا ہے جس میں 2 داخلی چو ضرب متمم گیٹ پائے جاتے ہیں۔

بلا ٹپک قدم با قدم دور

یہ کمپیوٹر دو طرز میں چل سکتا ہے؛ دستی یا خود کار۔ S6 ایک قطبہ دو چال^{۱۰} سوچ ہے، جو ”بلند“ بیٹھک پر یا ”پست“ بیٹھک پر بیٹھارہ سکتا ہے۔ دستی طرز میں S6 ایک مرتب ”بلند“ اور ایک مرتبہ بیٹھک پر بٹھانے سے ساعت کی ایک مکمل دھڑکن پیدا ہوگی۔ ”بلند“ بیٹھک پر S6 بلند CLK دیگا؛ ”پست“ بیٹھک پر S6 پست CLK دیگا۔ دوسرے لفظوں میں، جیسے جیسے آپ S6 کو ایک بیٹھک سے دوسری بیٹھک پر بٹھاتے ہیں، شکل ۱۷.۱۲ میں پیش، ”بلا ٹپک قدم با قدم دور“ باری باری ایک ایک T حال پیدا ہوگا۔ یوں آپ کمپیوٹر کو مختلف T حال سے گزار کر اس کا تفصیلی معائنہ کر سکتے ہیں، جو خارابی کی صورت میں کمپیوٹر ٹھیک کرنے میں مددگار ثابت ہوگا۔

^۹debounced^{۱۰}spdt, single-pole double-throw

بلائیٹک دستی و خود کار

S₇ ایک قلعہ دو پال سوئچ ہے۔ جب سوئچ دستی بیٹھک پر ہو، u26 کا پینا 1 بلند ہوگا اور یوں قدم با قدم بتام فعال ہوگا (یعنی u24 کے پینا 11 پر موجود اشارہ u26 سے گزر کر u25 کے پینا 11 پہنچ کر CLK اور \overline{CLK} پیدا کرے گا)۔ جب سوئچ خود کار بیٹھک پر بیٹھا ہو، کمپیوٹر خود کار کام کرے گا (یعنی u25 کے پینا 11 تک ساعت پیدا کرنے والا اشارہ u29 کے پینا 3 سے پہنچے گا)۔ u25 کے دو ضرب متمم گیٹ S₇ کو بلائیٹک بناتے ہیں۔ u25 کے باقی دو ضرب متمم گیٹ قدم با قدم ساعت یا خود کار ساعت میں سے ایک کو CLK اور \overline{CLK} تک پہنچاتے ہیں۔

ساعت مستحکم کار

u25 کا پینا 11 ”ساعت مستحکم کار“ کو حبا تا ہے۔ u27 کے دو سلسلہ وار حبڑے نفی گیٹ CLK اور ایک نفی گیٹ \overline{CLK} پیدا کرتے ہیں۔ اب تک 74LSxxxx سلسلہ کے کم طامتی مخلوط ادوار استعمال کیے گئے جو حنا رچی پنیوں پر زیادہ طامت مسرا ہم نہیں کر سکتے۔ u27 مخلوط دور 74xxxx سلسلہ سے منتخب کیا گیا جو حنا رچی پنیوں پر زیادہ طامت مسرا ہم کرتے ہوئے 74LSxxxx سلسلہ کے 20 برقی بو جھ چلا سکتے ہیں۔

ان نقٹوں میں 74LS107 اور 74LS173 کی تعداد سے CLK، \overline{CLK} ، CLR، اور \overline{CLR} پر LS برقی بو جھ دریافت کیا جا سکتا ہے۔ ایک LS بو جھ سے مسرا د 74LSxxxx سلسلہ مخلوط ادوار کا ایک داخلہ پنی ہے۔

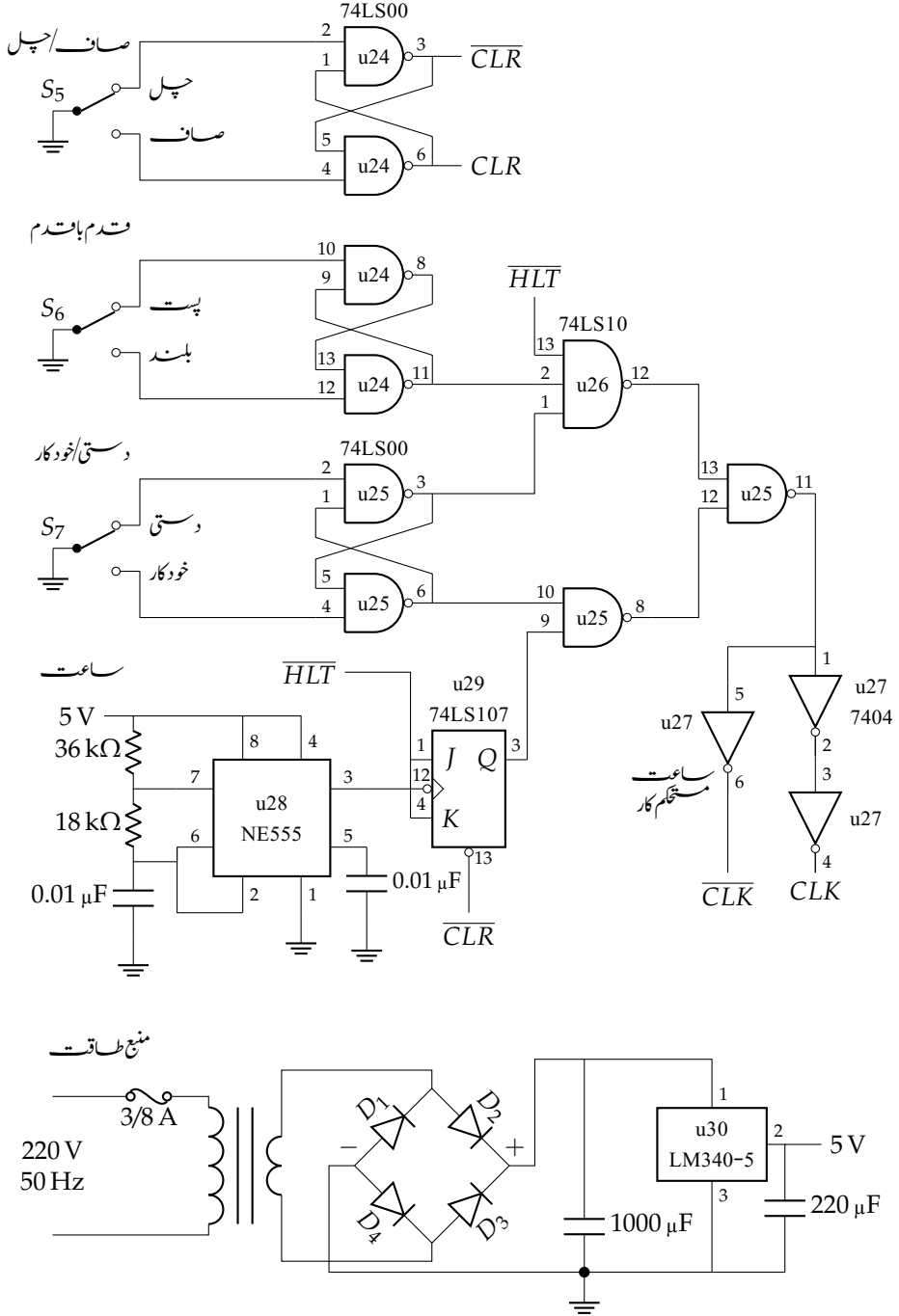
$$\begin{aligned} 19 \text{ برقی بو جھ} &= CLK \\ 2 \text{ برقی بو جھ} &= \overline{CLK} \\ 1 \text{ برقی بو جھ} &= CLR \\ 20 \text{ برقی بو جھ} &= \overline{CLR} \end{aligned}$$

یوں u27 کے خا رچی اشارات CLK اور \overline{CLK} اپنا بو جھ اٹھا سکتے ہیں۔ اسی طرا ح u25 کے حنا رچی اشارے CLR اور \overline{CLR} بھی اپنا بو جھ اٹھا سکتے ہیں۔

ساعت اور منع طامت

u28 مخلوط دور NE555 کو ظا ہر کرتا ہے جو مختلف دورانیے پیدا کر سکتا ہے۔ یہاں اس سے 75 فی صد فعال عرصے کا مستطیل 2 kHz اشارہ حاصل کیا گیا ہے جو u29 پلٹ کو حبا تا ہے۔ یہ پلٹ اس اشارے سے 50 فی صد فعال عرصے کا 1 kHz اشارہ پیدا کرتا ہے۔

منع طامت کو گھریلو 220 V (50 Hz) برقی طامت مہیا کی جاتی ہے جس کو ٹرانسفارمر گھٹاتا ہے۔ مکمل لہر سمٹنے کا ر 1000 μ F کا برقی گیر 100 اس سے تقریباً 20 V یک سمت رو حاصل کرتے ہیں۔ u30 جو LM340T - 5 کو ظا ہر کرتا ہے مستحکم 5 V دے گا۔



شکل ۱۲.۷: ساعت، منیج طاقت، اور بلائیٹک صاف و چیل۔

ہدایت رمز کشا

u31 کے چار خفی گیت ہدایتی رمز ہٹ $I_7 I_6 I_5 I_4$ کا متمم دیتے ہیں (شکل ۱۸.۱۲ دیکھیں)۔ u32 ، u33 ، اور u34 ہدایتی رموز سے (جدول ۲.۱۲ کے تحت) پانچ ہدایات: نقل، جمع، منفی، برآمد، اور رک حاصل کرتے ہیں۔ یاد رہے، ایک وقت صرف ایک ہدایت فعال ہوگی۔ (رک اشارہ پست فعال جبکہ باقی بلند فعال ہیں۔)

جب ”رک“ دفتر ہدایت میں ہو، $I_7 I_6 I_5 I_4$ ہٹ 1111 ہوں گے اور رک پست ہوگا۔ یہ اشارہ قدم با قدم ساعت کے دور میں u26 کے پینا 13 اور خود کار ساعت کے دور میں u29 کو حبا تہ ہے۔ جب رک فعال (پست) ہو کمپیوٹر کی دستی اور خود کار ساعت رک حبا ئیں گی لہذا CLK اور \overline{CLK} اشارے رک حبا ئیں گے اور کمپیوٹر کام کرنا روک دیگا۔

چھلا گنت کار

چھلا گنت کار، جس کو بعض اوقات **حال گنتے کار**^{۴۳} کہتے ہیں، u36 ، u37 ، اور u38 پر مشتمل ہے (شکل ۱۸.۱۲ دیکھیں)۔ یہ تینوں مخلوط دور 74LS107 کو ظاہر کرتے ہیں۔ ایک 74LS107 میں دو بے کے آتاعلام پلٹ پائے حبا تے ہیں۔ S_5 ، شکل ۱۷.۱۲ میں موجود ہے، دبانے سے چھلا گنت کار ابتدائی حال اختیار کرتا ہے جس میں صرف T_1 بلند ہوگا۔ یاد رہے بائیں ترین پلٹ کے \overline{Q} (u38 کا پینا 6) سے T_1 حاصل کیا گیا ہے، جو \overline{CLR} پست کرنے سے بلند ہوگا۔ CLK اشارہ پست فعال مداحخل کو مہیا کیا گیا ہے لہذا T حال ساعت کے کنارہ اترا ئی پر تبدیل ہوگا۔ نصف ساعت بعد، جیسا ہم ذکر کر چکے، کنارہ چپڑھائی دفنا تر میں مواد بھرتا ہے۔

فتابو تالب

ہدایت رمز کشا سے نقل، جمع، منفی، اور برآمد اشارے **قالو قالو**^{۴۴} ، u39 تا u48 ، کو حبا تے ہیں (شکل ۱۹.۱۲ دیکھیں)۔ ساتھ ہی چھلا گنت کار کے T_1 تا T_6 اشارے بھی فتابو تالب کو مضرا ہم کیے حبا تے ہیں۔ (ایسا دور جس کو مختلف جگہوں سے بٹوں کے دو گروہ ملتے ہوں **قالو قالو** کہلاتا ہے۔) یہ فتاب 12 ہٹ حنر دہدایت کا ”فتابو لفظ“ پیدا کرتا ہے، جو کمپیوٹر کو بتاتا ہے کہ اس نے کیا کرنا ہے۔

(شکل ۱۹.۱۲ میں پہلے T_1 اور اس کے بعد T_2 ، اور اسی طرح چلتے ہوئے T_3 بلند ہوگا۔ فتابو تالب پر غور کے دوران آپ درج ذیل دریافت کریں گے۔ بلند T_1 کی صورت میں بلند E_P اور پست \overline{L}_M (پست حال) پیدا ہوگا؛ بلند T_2 کی صورت میں بلند C_P (بڑھوتری حال) پیدا ہوگا؛ اور بلند T_3 کی صورت میں پست $\overline{C_E}$ اور پست \overline{L}_I (حافظہ حال) پیدا ہوگا۔ یوں اس کمپیوٹر میں پہلے تین T حال لازماً بازیابی پھیلا ہوں گے۔ بازیابی پھیلا کے فتابو لفظ درج ذیل ہیں۔

فعال بٹ	متابولفظ	حال
E_P, \bar{L}_M	5E3H	T_1
C_P	BE3H	T_2
$\bar{C}\bar{E}, \bar{L}_I$	263H	T_3

تعمیلی پھیرا کے دوران T_4 تا T_6 یک بعد دیگرے بلند ہوں گے۔ ساتھ ہی رمز کش اشاروں (فصل تا برآمد) میں سے صرف ایک بلند (فعال) ہوگا۔ ان وجوہات کی بدولت، متابولت الب فعال بنوں کو درست متابوتاروں تک پہنچا پاتا ہے۔

مشال کے طور پر، جب ”فصل“ بلند ہو، 2 داخلی ضرب متم گیٹوں میں (نیچے سے گنتے ہوئے) پہلا، چوتھ، ساتواں، اور دسواں فعال ہوں گے۔ جب T_4 بلند ہو، پہلا اور ساتواں ضرب متم گیٹ فعال ہو کر پست \bar{L}_M اور پست \bar{E}_I دیں گے (اہذا دفتر پستہ میں پست ڈالا جائے گا)۔ جب T_5 بلند ہو، چوتھ اور دسواں ضرب متم گیٹ فعال ہوں گے، جو پست $\bar{C}\bar{E}$ اور پست \bar{L}_A دیں گے (اہذا حافظہ سے مواد دفتر A منتقل ہوگا)۔ جب T_6 بلند ہو، تمام متابولت الب غیر فعال ہوں گے (اہذا کمپیوٹر فارغ ہوگا)۔

آپ سے گزارش ہے کہ باقی ہدایات کی تعمیل (بلند جمع، بلند منفی، اور بلند برآمد) کے دوران متابولت الب کی کارکردگی پر غور کریں تاکہ آپ دیکھ پائیں متابولت الب کیے جہدول ۱۲.۵ کی حشر ہدایات پیدا کرتا ہے۔

حپلن

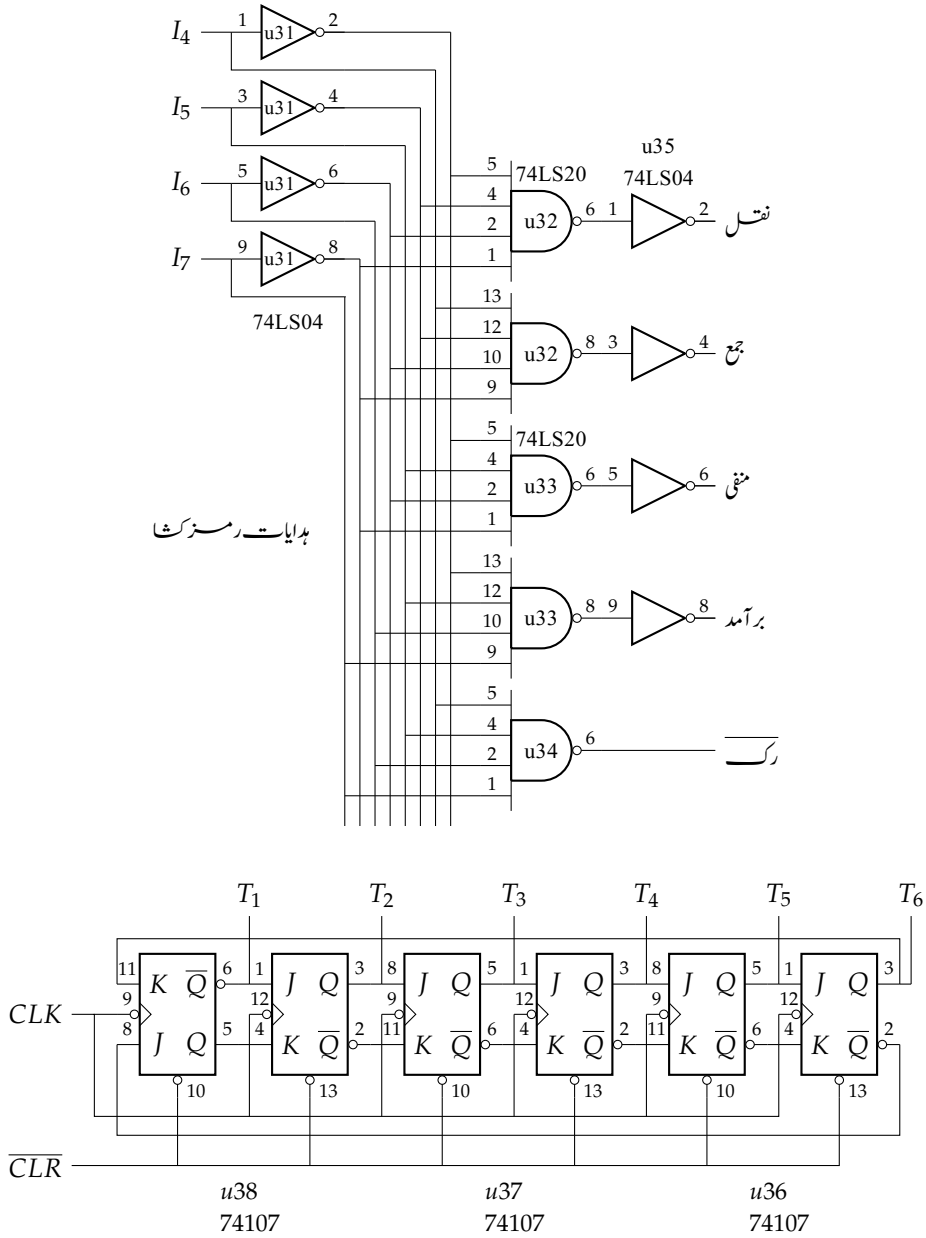
کمپیوٹر سے کوئی کام لینے سے پہلے اس کے حافظہ میں برنامہ اور مواد بھرا جاتا ہے۔ برنامہ نچلے حافظہ اور مواد بالا حافظہ میں رکھ کر ”صاف“ تمام دیا کر واپس اٹھنے دیا جاتا ہے جس سے ایک لمحے کے لئے CLR اور $\bar{C}\bar{L}\bar{R}$ فعال ہوں گے۔ CLK اور $\bar{C}\bar{L}\bar{K}$ ساعتی اشارے دفاتر کو اور گنت کار چلاتے ہیں۔ متابولت الب کا رے خارج حشر ہدایت ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر عمل کا تعین کرتا ہے۔

ہر ایک مشینی پھیرا بازیابی پھیرے سے آغاز کرتا ہے۔ T_1 پستہ حال، T_2 بڑھوتری حال، اور T_3 حافظہ حال ہوگا۔ بازیابی پھیرے کے اختتام پر دفتر ہدایت میں ہدایت پائی جائے گی۔ حشر ہدایت کی رمز کشائی کے بعد متابولت الب خود بخود درست تعمیلی طریق پیدا کرتا ہے۔ تعمیلی پھیرا کی تکمیل پر چھلا گنت کار دوبارہ T_1 سے آغاز کرتا ہے اور اگلا مشینی پھیرا شروع ہوتا ہے۔

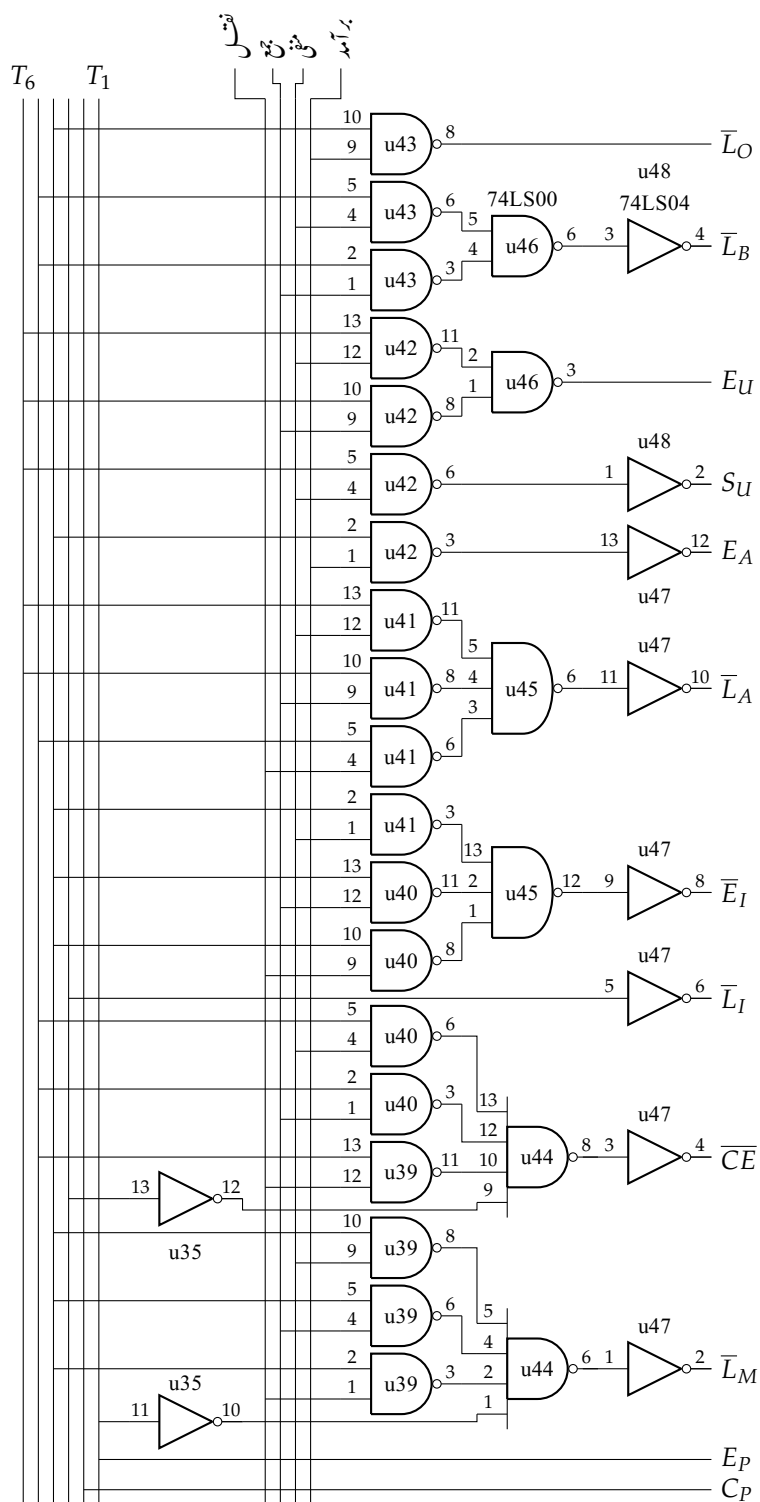
دفتر ہدایت میں ”رک“ کی ہدایت بھرتے ہی کمپیوٹر کام رک جائے گا۔

۱۲.۸ حشر درنامہ نویسی

ہر ایک تعمیلی پھیرے کے لئے درکار حشر ہدایت کے حصول کا ایک طریقہ شکل ۱۹.۱۲ میں پیش کیا گیا ہے۔ زیادہ تعداد کی ہدایات کے لئے درکار متابولت الب بہت بڑا ہوگا جس میں سیکڑوں یا ہزاروں کی تعداد میں گیرٹ متعمل ہوں گے۔ اتنی زیادہ تعداد میں گیٹوں کو برقی تاروں کے ذریعہ آپس میں جوڑنا آسان نہیں۔ یہی وجہ ہے کہ تحقیق کاروں نے دیگر راہ تلاش کیے۔



شکل ۱۲.۱۸: ہدایات کی رمزکشیائی اور چھ لگنت کار۔



شکل ۱۲.۱۹: دست‌یافت‌الاب

خسرد برنامہ نویسی ایک ایسی متبادل ترکیب ہے۔ بنیادی طور پر متابوتالب سے خسرد ہدایات پیدا کرنے کی بجائے انہیں پختہ حافظہ میں رکھا جاتا ہے، جس سے متابوترتیب کاربنا آسان ہو جاتا ہے۔

خسرد برنامہ ذخیرہ کرنے کا عمل

پتے مختص کر کے اور تعمیلی طریق شامل کرتے ہوئے ہم جدول ۶.۱۲ میں پیش خسرد ہدایات حاصل کر سکتے ہیں، جنہیں **قلابو** الفاظ کے پختہ حافظہ میں ذخیرہ کیا جاسکتا ہے۔ بازیابی طریق 0H تا 2H پتے پر، نقل طریق 3H تا 5H، جمع طریق 6H تا 8H، منفی طریق 9H تا BH، اور برآمد طریق CH تا EH پر رکھے گئے ہیں۔

کسی بھی طریق تک رسائی کے لئے درست پتہ مہیا کرنا ہوگا۔ مثلاً، جمع طریق کے لئے ہمیں 6H، 7H، اور 8H پتے منراہم کرنا ہوگا۔ برآمد طریق چلانے کے لئے CH، DH، اور EH پتے منراہم کرنا ہوگا۔ یوں کسی بھی طریق تک رسائی درج ذیل تین اقدام پر چلتے ہوئے ممکن ہوگی۔

۱. طریق کا ابتدائی پتہ جاننا ہوگا۔
۲. طریق کے پتوں سے باری باری گزرنا ہوگا۔
۳. متابو الفاظ کے پختہ حافظہ کو پتے منراہم کرنا ہوگا۔

پختہ حافظہ برائے پتہ

شکل 10-16 میں کمپیوٹر کی خسرد برنامہ نویسی دکھائی گئی ہے، جو پتہ **محنتہ حافظہ** ^{۴۵}، **قابل پیش بھرائی** ^{۴۶} گنت کار، اور **قلابو محنتہ حافظہ** ^{۴۷} پر مشتمل ہے۔ پتہ حافظہ میں، جدول ۶.۱۲ میں دیے گئے، ہر ہدایت کا ابتدائی پتہ پایا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں پتہ حافظہ میں جدول ۶.۱۲ کا مواد پایا جاتا ہے۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، جمع طریق کا ابتدائی پتہ 0011، جمع طریق کا ابتدائی پتہ 0110 ہے، وغیرہ۔

جب ہٹ $I_7 I_6 I_5 I_4$ پتہ پختہ حافظہ کو چلائیں، ابتدائی پتہ پیدا ہوگا۔ مثلاً، اگر جمع ہدایت زیر تعمیل ہو، $I_7 I_6 I_5 I_4$ میں 0001 ہوگا، جو پتہ پختہ حافظہ کو منراہم ہوگا؛ پختہ حافظہ 0110 دیگا۔

متابل پیش بھرائی گنت کار

جب T_3 بلند ہو، متابل پیش بھرائی گنت کار کا ”بھر“ مداخل بلند ہوگا لہذا پتہ پختہ حافظہ سے گنتکار ابتدائی گنتی حاصل کرے گا۔ باقی T حال کے دوران گنت کار گنتی کرے گا۔

ابتدائی طور، صاف / چل بلائیک دور بلند CLR اشارہ پیدا کرتا ہے۔ جمع گیٹ کے محارج پر نسب RC اس اشارے کا تصرف لیتے ہوئے ایک باریک **سوز** ^{۴۸} پیدا کرتا ہے جو گنت کار کو صاف کرتی ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ شروع ہونے کے بعد T_1 حال میں گنت کار کی گنتی 0000، T_2 حال میں 0001، اور T_3 حال میں 0010 ہو

address ROM^{۴۵}
 presettable^{۴۶}
 control ROM^{۴۷}
 spike^{۴۸}

جدول ۱۲.۶: سادہ کمپیوٹر کا پختہ حافظہ برائے متابو الفاظ

پتہ	مواد	طریق	فعال
0H	5E3H	بازیاب	E_P, \bar{L}_M
1H	BE3H		C_P
2H	263H		\overline{CE}, \bar{L}_I
3H	1A3H	نقل	\bar{L}_M, \bar{E}_I
4H	2C3H		\overline{CE}, \bar{L}_A
5H	3E3H		کوئی نہیں
6H	1A3H	جمع	\bar{L}_M, \bar{E}_I
7H	2E1H		\overline{CE}, \bar{L}_B
8H	3C7H		\bar{L}_A, E_U
9H	1A3H	منفی	\bar{L}_M, \bar{E}_I
AH	2E1H		\overline{CE}, \bar{L}_B
BH	3CFH		\bar{L}_A, S_U, E_U
CH	3F2H	برآمد	E_A, \bar{L}_O
DH	3E3H		کوئی نہیں
EH	3E3H		کوئی نہیں
FH	X	X	غیر متعمل

جدول ۱۲.۷: پختہ حافظہ برائے پتہ

پتہ	مواد	طریق
0000	0011	نقل
0001	0110	جمع
0010	1001	منفی
0011	xxxx	کوئی نہیں
0100	xxxx	کوئی نہیں
0101	xxxx	کوئی نہیں
0110	xxxx	کوئی نہیں
0111	xxxx	کوئی نہیں
1000	xxxx	کوئی نہیں
1001	xxxx	کوئی نہیں
1010	xxxx	کوئی نہیں
1011	xxxx	کوئی نہیں
1100	xxxx	کوئی نہیں
1101	xxxx	کوئی نہیں
1110	1100	برآمد
1111	xxxx	کوئی نہیں

گی۔ بازیابی کا ہر پھیرا ایک جیسا ہوگا، چونکہ T_1 ، T_2 ، اور T_3 حال کے دوران گنت کار بالترتیب 0000، 0001، اور 0010 دیگا۔

دفتر ہدایت میں موجود ہدایتی رمز تعمیلی پھیروا تو کرتا ہے۔ اگر جمع ہدایت بازیاب کی جائے، $I_7 I_6 I_5 I_4$ کے پٹ 0001 ہوں گے۔ یہ ہدایتی رمز پتہ پختہ حافظہ کو چلاتے ہوئے 0110 (جدول ۱۲.۷ دیکھیں) پیدا کرے گا، جو متابل پیش بھرائی گنت کار کو بطور ابتدائی پتہ منراہم کیا جاتا ہے۔ بلند T_3 کے دوران ساعت کے اگلے کنارہ اترائی پر 0110 متابل پیش بھرائی گنت کار میں بھرا جائے گا۔ یوں گنت کار ”جمع“ طریق کے ابتدائی گنتی سے آغاز کرتے ہوئے آگے گنتا ہے۔ T_4 حال کے دوران گنت کار کا محارج 0110، T_5 حال کے دوران 0111، اور T_6 حال کے دوران 1000 ہوگا۔

T_1 حال کے شروع میں، T_1 اشارے کا پیش کنارہ تصرف کرتے ہوئے ایک باریک مثبت سوزن پیدا کیا جاتا ہے، جو گنت کار کو صاف کر کے 0000 کرتی ہے؛ یہ بازیابی طریق کا ابتدائی پتہ ہے۔ یوں ایک نئے مشین پھیرے کا آغاز ہوگا۔

متابو پختہ حافظہ

متابو پختہ حافظہ میں کمپیوٹر کے خنر دہدایات ذخیرہ کیے جاتے ہیں۔ بازیابی پھیرے کے دوران، متابو پختہ حافظہ کو 0000، 0001، اور 0010 پتہ منراہم کیا جاتا ہے، لہذا یہ درج ذیل محارج کرے گا۔

5E3H

BE3H

263H

یہ خنر دہدایات، جو جدول ۱۲.۶ میں پیش ہیں، پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال پیدا کرتے ہیں۔

”جمع“ ہدایت کی تعمیل کے دوران، متابو پختہ حافظہ کو تعمیلی پھیرے کے دوران 0110، 0111، اور 1000 پتے منراہم ہوں گے۔ پختہ حافظہ کے محارج بالترتیب درج ذیل ہوں گے۔

1A3H

2E1H

3C7H

جیسا ہم پہلے ذکر کر چکے، یہ خنر دہدایات ”جمع“ کی تعمیل کراتے ہیں۔

منرض کریں ”برآمد“ ہدایت کی تعمیل کی جابری ہے۔ ہدایتی رمز 1110 ہوگا اور ابتدائی پتہ 1100 ہوگا (جدول ۱۲.۷ دیکھیں)۔ تعمیلی پھیرے کے دوران، گنت کار کے محارج 1100، 1101، اور 1110 ہوں گے۔ متابو پختہ حافظہ کے محارج 3F2H، 3E3H، اور 3E3H ہوں گے (جدول ۱۲.۶ دیکھیں)۔ یہ طریق دفتر A کا مواد برآمدی روزن کو متقتل کرتا ہے۔

متغیر مشینی پھیرا

جدول ۶.۱۲ میں خسرد ہدایت 3E3H فنارغ رہنے کی ہدایت ہے۔ یہ نقل طریق میں ایک مرتبہ اور برآمد طریق میں دو مرتبہ پایا جاتا ہے۔ سادہ کمپیوٹر میں فنارغ ہدایت استعمال کر کے تمام ہدایات کے لئے مقررہ مشینی پھیرا^۹ حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ہر ہدایت ٹھیک چھ T حال کا ہوگا۔ بعض کمپیوٹر میں مقررہ مشینی پھیرا موزوں ہوگا۔ تاہم، جہاں تیز رفتار درکار ہو وہاں فنارغ ہدایت سے چھکارا حاصل کر کے رفتار بڑھائی جاسکتی ہے۔

ایسا T حال جس میں فنارغ ہدایت موجود ہو کو نظر انداز کرتے ہوئے آگے بڑھنے سے رفتار بڑھائی جاسکتی ہے۔ شکل 10-16 میں معمولی تبدیلی سے ایسا کرنا ممکن ہوگا۔ اس سے نقل ہدایت کا مشینی پھیرا گھٹ کر پانچ T حال (T_1, T_2, T_3, T_4 ، اور T_5) کا رہ جائے گا۔ برآمد ہدایت کا مشینی پھیرا گھٹ کر چار T حال (T_1, T_2, T_3 ، اور T_4) کا رہ جائے گا۔

متغیر مشینی پھیرا^{۱۰} حاصل کرنے کا ایک طریقہ شکل 10-17 میں پیش ہے۔ نقل ہدایت کے لئے T_1 تا T_5 حال ہو، ہو مقررہ مشینی پھیرا کی طرح ہیں۔ T_6 حال کے آغاز میں وٹا پونخت حافظہ 3E3H (یعنی فنارغ خسرد ہدایت) پیدا کرے گا۔ ضرب متمم گیٹ اس ہدایت کو فوراً پچپان کر پست فنارغ خارج کرتا ہے۔ جیسا شکل 10-18 میں دکھایا گیا ہے، ضرب گیٹ کی مدد سے فنارغ چھلا گنت کار کو مہیا کیا گیا ہے۔ چھلا گنت کار فوراً T_1 حال اختیار کر کے نئے مشینی پھیرے کا آغاز کرتا ہے۔ یوں نقل ہدایت چھ سے گھٹ کر پانچ حال کا ہوگا۔

برآمد ہدایت میں پہلا فنارغ خسرد ہدایت T_5 حال میں پایا جاتا ہے۔ یوں T_5 حال کے آغاز میں وٹا پونخت حافظہ 3E3H دیگا جس کو ضرب متمم گیٹ پچپان کر پست فنارغ پیدا کر کے چھلا گنت کار کو T_1 حال اختیار کرنے پر مجبور کرتا ہے۔ یوں، برآمد ہدایت چھ حال سے گھٹ کر چار حال کا ہوگا۔

خرد عامل کار (مانکروپراسیسر)^{۱۱} عموماً متغیر مشینی پھیرا استعمال کرتے ہیں۔ مثال کے طور پر، 8085 میں، تمام فنارغ خسرد ہدایت سے چھکارا حاصل کرتے ہوئے، مشینی پھیرا دو سے چھ T حال پر مشتمل ہوگا۔

فوائد

خسرد برنامہ نویسی کا ایک فائدہ ہدایت رمز کش اور وٹا پونخت الب سے چھکارا ہے؛ زیادہ ہدایات کی صورت میں دونوں نہایت پیچیدہ ہوں گے۔ دوسرے لفظوں میں، پونخت حافظہ میں خسرد ہدایات ذخیرہ کرنا ہدایت رمز کش اور وٹا پونخت الب استعمال کرنے سے زیادہ آسان ہے۔

مزید، ہدایت رمز کش اور وٹا پونخت الب بنانے کے بعد ان میں تبدیلی لانا آسان نہیں ہوگا۔ آپ کو تاریں اتار کر دوبارہ لگانے ہوں گی۔ خسرد برنامہ نویسی کی صورت میں ایسا کرنے کی ضرورت نہیں؛ آپ کو صرف وٹا پونخت حافظہ اور ابتدائی پتے کا پونخت حافظہ تبدیل کرنا ہوگا۔

^۹fixed machine cycle

^{۱۰}variable machine cycle

^{۱۱}microprocessor

خلاصہ

جدید حشر عمل کار زیادہ تر تا پخت حافظہ اور ابتدائی پخت حافظہ استعمال کرتے ہیں۔ ان کے حشر برنامہ جدول زیادہ پیچیدہ ہوں گے، تاہم بنیادی فلسفہ یہی ہوگا جو اس باب میں بتایا گیا۔ حشر ہدایات تا پخت حافظہ میں ذخیرہ کیے جاتے ہیں اور ان تک رسائی درکار ہدایت کے پخت مندرجہ ذیل کرنے سے ہو کی جاتی ہے۔

سوالات

سوال ۱۲.۱: سادہ کمپیوٹر کا (مثال ۱۲.۱ کی طرز پر) ایسا برنامہ لکھیں جو درج ذیل کا نتیجہ شنائی نمائشی تختی پر دکھائے۔

$$5 + 4 - 6$$

مواد کے لئے DH ، EH ، اور FH پخت استعمال کریں۔

جواب:

پخت	ہدایت
0H	نقل DH
1H	جمع EH
2H	منفی FH
3H	برآمد
4H	رک
DH	05H
EH	04H
FH	06H

سوال ۱۲.۲: آپ نے سوال ۱۲.۱ میں برنامہ لکھا۔ اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ مشینی زبان میں جواب شنائی اور اس سولہ روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۳: درج ذیل حل کرنے کے لئے کمپیوٹر کی مادری زبان میں برنامہ لکھیں۔ مواد کے لئے BH تا FH پخت استعمال کریں۔

$$8 + 4 - 3 + 5 - 2$$

جواب:

پت	ہدایات
0H	نقل BH
1H	جمع CH
2H	منفی DH
3H	جمع EH
4H	منفی FH
5H	رک
BH	08H
CH	04H
DH	03H
EH	05H
FH	02H

سوال ۱۲.۴: گزشتہ سوال میں لکھا گیا ہرنامہ مشینی زبان میں ترجمہ کریں۔ جواب شنائی اور اساس سولہ روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۵: جمع ہدایت کی وقتیہ ترسیات شکل میں پیش ہیں۔ منفی ہدایت کی وقتیہ ترسیات کھینچیں۔

سوال ۱۲.۶: فرض کریں 8085 کی ساعت کا تعدد 3 MHz ہے۔ جمع ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کے لئے چار T حال درکار ہیں۔ یہ کتنا وقت ہے؟

سوال ۱۲.۷: ہمارے سادہ کمپیوٹر کی نقل طریق کی حشر ہدایات کیا ہیں؟ منفی طریق کے لئے کیا ہیں؟ جواب شنائی اور اساس سولہ روپ میں پیش کریں۔

جواب: ”نقل“ کے لئے 1A3H ، 2C3H ، 3E3H یا 000110100011 ، 001011000011 ، 001111100011 ؛ منفی کے لئے 1A3H ، 2E1H ، 3CFH یا 000110100011 ، 001011100111 ، 001011100001

سوال ۱۲.۸: فرض کریں ہم دفتر A کا مواد دفتر B میں منتقل کرنا چاہتے ہیں۔ ہمیں ایک نئی حشر ہدایت درکار ہے۔ یہ حشر ہدایت کیا ہوگی؟ جواب شنائی اور اساس سولہ روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۹: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔

۱. دفتر A کا مواد \overline{CLK} کے کنارہ چڑھائی پر کہ کنارہ اترائی پر تبدیل ہوگا؟ اس لئے CLK کا کنارہ چڑھائی ہوگا یا کنارہ اترائی؟

ب. ہرنامہ گنت کار کو بڑھانے کے لئے C_p بلند ہوگا یا پست؟

ج. ہرنامہ گنت کار صاف کرنے کے لئے \overline{CLR} بلند ہوگا یا پست؟

د. ہرنامہ گنت کار کا مواد W گزرگاہ پر رکھنے کے لئے E_p بلند ہوگا یا پست؟

جواب: (۱) کنارہ اترائی؛ CLK کا کنارہ چڑھائی ہوگا۔ (ب) بلند (ج) پست (د) بلند

سوال ۱۲.۱۰: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔

- ا. بلند \bar{L}_A کی صورت میں ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر دفتر A کے مواد کو کیا ہوگا؟
- ب. اگر $A = 00101100$ اور $B = 11001110$ ہوں تب بلند E_A کی صورت میں W گزرگاہ پر کیا ہوگا؟
- ج. اگر $A = 00001111$ ، $B = 00000001$ ، اور $S_U = 1$ ہو تب بلند E_U کی صورت میں W گزرگاہ پر کیا ہوگا؟
- سوال ۱۲.۱۱: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔
- ا. جب S_5 صاف پیچھے پر ہو کیا \overline{CLR} بلندی پست ہوگا؟
- ب. جب S_6 پست پیچھے پر ہو کیا u_{24} کا پینا 11 بلندی پست ہوگا؟
- ج. u_{29} کے پینا 3 پر ساعت کا اشارہ موجود ہونے کے لئے \overline{HLT} بلندی پست ہونا ہوگا؟
- جواب: (ا) پست۔ (ب) پست۔ (ج) بلند
- سوال ۱۲.۱۲: شکل ۱۸.۱۲ اور شکل ۱۹.۱۲ کو دیکھ کر درج ذیل کا جواب دیں۔
- ا. اگر $I_7 I_6 I_5 I_4 = 1110$ ہو، u_{35} کے خارجی پینوں میں صرف ایک بلند ہوگا۔ وہ پینا کونسا ہے؟ (پینا 12 اور 10 نظر انداز کریں۔)
- ب. جب \overline{CLR} پست ہوتا ہے، T_1 تا T_6 میں کونسا بلند ہوتا ہے؟
- ج. ”قتل“ اور T_5 بلندی ہیں۔ u_{45} کے پینا 6 پر کیا ہوگا؟
- د. ”جمع“ اور T_4 بلندی ہیں۔ کیا u_{45} کا پینا 12 پست یا بلند ہوگا؟

جوابات

